

OPÇÕES PARA O APRIMORAMENTO DO CONTROLE DE EMISSÕES DE
POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL: UMA
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO E
DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

Lila Szwarcfiter

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. Carlos Rodrigues Pereira Belchior, D.Sc.

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
NOVEMBRO DE 2004

SZWARCFITER, LILA

Opções para o aprimoramento do controle de emissões veiculares de poluentes atmosféricos no Brasil – uma avaliação do potencial de programas de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota [Rio de Janeiro] 2004

XIV, 261 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. Emissões Veiculares
3. Poluição atmosférica

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Dedicatória

Ao meu filho Daniel que chegou no meio desta jornada e mudou completamente a
minha vida.

Agradecimentos

Ao Marco, meu marido, amigo e companheiro de toda a vida, pelo amor, carinho e paciência;

Ao Daniel, meu filho, por me mostrar, mesmo inconscientemente, a essência da felicidade;

Aos meus pais por todo o incentivo, carinho e exemplo;

Ao professor Emílio, meu orientador, por todo o apoio que sempre me deu;

Ao professor Roberto Schaeffer pelo apoio e sugestões na elaboração da Tese;

Ao Francisco Eduardo, meu colega de Projeto, pelo companheirismo no trabalho e pela amizade;

Às secretárias Fabiana, Sandra, Daniele, Simone, Claudia Friis, sempre dispostas a ajudar;

Aos colegas do LIMA e do PPE;

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

Ao CNPq e 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.)

OPÇÕES PARA O APRIMORAMENTO DO CONTROLE DE EMISSÕES DE
POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR VEÍCULOS LEVES NO BRASIL: UMA
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO E
DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

Lila Szwarcfiter

Novembro / 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. Devido ao aumento das emissões veiculares, foram implantadas medidas no país para controlar essas emissões. Pode-se destacar como a principal medida a implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, que atua a partir do estabelecimento de limites de emissão máximos para veículos novos comercializados no país. Entretanto o PROCONVE, apesar de ter resultado em reduções importantes de emissões originadas por esses veículos, pode ser aprimorado para garantir melhorias adicionais na qualidade do ar nas grandes cidades brasileiras. A Tese propõe a implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota e analisa o potencial de redução das emissões de poluentes locais atmosféricos de origem veicular decorrentes da implantação desses programas. A aplicação de ambos os programas, isoladamente e em conjunto, é simulada para o período 2003-2010 tendo como frota-alvo os veículos leves do principal aglomerado urbano brasileiro, a Região Metropolitana de São Paulo. Os resultados das simulações indicam que esses programas poderiam contribuir de maneira importante para reduzir 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.)

OPTIONS FOR IMPROVING THE CONTROL OF AIR POLLUTANT EMISSIONS
FROM LIGHT VEHICLES IN BRAZIL – ASSESSMENT OF THE POTENCIAL OF
INSPECTION AND MAINTENANCE AND OF FLEET RENEWAL PROGRAMMES

Lila Szwarcfiter

November / 2004

Advisor: Emilio Lèbre La Rovere

Department: Energy Planning

Light duty vehicles are well known as one of the major sources of air pollution in large Brazilian cities. As motor vehicle pollutant emissions have increased over time, steps have been taken to curb them. The most important of these initiatives is PROCONVE – Motor Vehicle Air Pollution Control Program, enforcing emission standards for new motor vehicles sold in the country. However, although PROCONVE has been successful in obtaining important reductions of new vehicle emissions, there is room for its improvement in order to further increase air quality in large Brazilian cities. This work analyses the potential of motor vehicle local air pollutants reduction as a consequence of the implementation of Fleet Renewal and Motor Vehicle Inspection and Maintenance Programs. The implementation of both programs, alone and jointly, is simulated for the period 2003 – 2010 using as a case study Brazil's largest urban center, the Metropolitan Area of São Paulo. Simulation results show that such programs could be efficient tools for promoting further motor vehicle emissions reductions.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETIVO DO TRABALHO	1
1.2. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	15
2. POLUIÇÃO DE ORIGEM VEICULAR	17
2.1. ASPECTOS GERAIS	17
2.1.1. VEÍCULOS PESADOS.....	21
2.1.1. VEÍCULOS LEVES	24
2.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL DE REGULAMENTAÇÃO DAS EMISSÕES DE VEÍCULOS LEVES.....	29
2.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA.....	31
2.2.2. EUROPA.....	36
2.3. A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA – O PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCONVE	39
2.4. ÁLCOOL COMBUSTÍVEL	48
2.5. GÁS NATURAL VEICULAR - GNV.....	56
2.6. PRINCIPAIS ASPECTOS ABORDADOS - A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E BRASILEIRA DE REGULAMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES.....	73
3. PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR	76
3.1. ASPECTOS GERAIS	76
3.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	85
3.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – EUA	85
3.2.2. EUROPA.....	95
3.2.3. ÁSIA.....	101
3.2.4. AMÉRICA LATINA.....	105
3.3. A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	115
3.3.1. REGULAMENTAÇÃO FEDERAL.....	115
3.3.2. PROPOSTAS BRASILEIRAS EM VIAS DE IMPLEMENTAÇÃO	125
3.3.3 O PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO RIO DE JANEIRO... ..	133
3.4. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E DA BRASILEIRA.....	144
3.5. PROPOSTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA PADRÃO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR NO BRASIL	150
3.5.1. CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA PROPOSTA.....	150

3.5.2. PROPOSTA PARA UM PROGRAMA PADRÃO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR NO BRASIL	151
4. PROGRAMA DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA.....	157
4.1. ASPECTOS GERAIS	157
4.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	166
4.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – EUA E CANADÁ	167
4.2.2. EUROPA.....	175
4.3. EXPERIÊNCIA BRASILEIRA – PROPOSTAS EXISTENTES DE PROGRAMAS DE RENOVAÇÃO ACELERADA DE FROTA	179
4.4. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E DA BRASILEIRA.....	183
4.5. PROPOSTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA PADRÃO DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA NO BRASIL	186
4.5.1. CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA PROPOSTA.....	186
4.5.2. PROPOSTA PARA UM PROGRAMA PADRÃO DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA NO BRASIL	187
5. METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES	192
5.1. ASPECTOS GERAIS	192
5.2. FROTA.....	194
5.3. QUILOMETRAGEM PERCORRIDA.....	200
5.4. FATORES DE EMISSÃO	202
5.5. FATORES DE DETERIORAÇÃO	206
5.6. CENÁRIO SEM PROCONVE	209
5.7. CENÁRIO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR	211
5.8. CENÁRIO PROGRAMA DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA	214
5.9. CENÁRIO IMPLANTAÇÃO CONJUNTA DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO E DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA	216
6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	217
6.1. CENÁRIO SEM PROCONVE	217
6.2. CENÁRIO INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO	221
6.3. CENÁRIO RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA.....	226
6.4. CENÁRIO IMPLANTAÇÃO CONJUNTA DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR E DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA.....	231
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	237
7.1. MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DE ORIGEM VEICULAR	237

7.2. LIMITAÇÕES.....	249
7.3. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS.....	251
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	253

Tabelas

TABELA 1: Relação entre fontes e seus poluentes característicos.....	3
TABELA 2: Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera.....	7
TABELA 3 – Concentração de poluentes atmosféricos em algumas cidades do mundo [mg / m ³].....	11
TABELA 4: Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002 .	19
TABELA 5: Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002.....	20
TABELA 6 : Evolução do teor máximo permitido de óleo diesel metropolitano ¹ no Brasil	23
TABELA 7 - Alguns países que eliminaram o chumbo tetraetila e o ano da resolução	26
TABELA 8 – Padrões de emissão para veículos leves de passageiros - EUA (g/km)	33
TABELA 9 - Evolução dos padrões de eficiência dos EUA (km/l).....	34
TABELA 10 - Padrões de emissão para veículos leves de passageiro – Europa (g/km)	36
TABELA 11 - Limites máximos de emissão para veículos leves novos ¹	46
TABELA 12 – Alíquotas de IPI dos automóveis (%).....	55
TABELA 13 - Frota de Veículos a GNV dos principais países	57
TABELA 14: Alíquotas de IPVA	65
TABELA 15 - Valores de emissão de veículos em uso da Fase III do PROCONVE convertidos para o gás natural veicular (g/km).....	66
TABELA 16 :Resultados de emissão dos testes e valores homologados	70
TABELA 17: Resultados de emissão dos testes e valores homologados	70
TABELA 18 - Redução das emissões de poluentes obtida por Programas de I/M, segundo a EPA	86
TABELA 19: Custos médios de reparo e redução de emissões de automóveis por ano- modelo.....	86
TABELA 20: Comparação entre as estimativas de redução das emissões da EPA e da experiência do Arizona considerando veículos leves	87
TABELA 21 - Veículos subordinados à inspeção e sua frequência	96
TABELA 22 - Redução das emissões de poluentes dos Programas de I/M da Suécia e da Suíça (para veículos leves somente)	98
TABELA 23 - Limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo OTTO.....	118
TABELA 24 - Combustível não queimado não corrigido – HC exaustão marcha lenta e 2.500 rpm	118

TABELA 25: Comparação entre Programas de I/M do Brasil	149
TABELA 26 – Principais características da proposta de um programa padrão de I/M para o Brasil	155
TABELA 27 : Custos ambientais decorrentes da utilização de automóveis	161
TABELA 28 : Resultados do programa de sucateamento.....	171
TABELA 29 : Redução de emissões do Programa de Renovação Acelerada da Frota - British Columbia (ton/1000 veículos no período de três anos).....	173
TABELA 30: Metas para o Programa de Renovação e Reciclagem da Frota Nacional	180
TABELA 31: Incentivos do Programa – parâmetros do estudo.....	181
TABELA 32 – Média dos Fatores de emissão para veículos leves novos a gasolina (g/km).....	188
TABELA 33 - Valores da contribuição para o incentivo à substituição do veículo antigo por um novo dentro do Programa de Renovação Acelerada da Frota (R\$).....	189
TABELA 34 - Principais pontos da proposta do programa padrão para o Brasil.....	190
TABELA 35: Frota da RMSP – hipóteses “expansão” e “tendencial”	196
TABELA 36: Participação percentual nas vendas de veículos leves no mercado interno por combustível e ano-modelo	199
TABELA 37: Distribuição da quilometragem média percorrida por faixa etária do veículo	200
TABELA 38: Fatores de emissão médios para veículos leves novos	202
TABELA 39: Fatores de emissão dos três poluentes analisados	205
TABELA 40: Parâmetros para cálculo dos FDs - CO.....	208
TABELA 41: Parâmetros para cálculo dos FDs - HC.....	208
TABELA 42: Parâmetros para cálculo dos FDs - NOx.....	208
TABELA 43 – Fatores de emissão para veículos leves novos - Cenário Sem PROCONVE (g/km).....	210
TABELA 44: Parâmetros para cálculo dos FDs - CO.....	213
TABELA 45: Parâmetros para cálculo dos FDs - HC.....	213
TABELA 46: Parâmetros para cálculo dos FDs - NOx.....	213
TABELA 47: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton CO).....	217
TABELA 48: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton HC).....	217
TABELA 49: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton NOx)	218
TABELA 50: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton CO)	221

TABELA 51: Impacto nas emissões da implantação de um programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton HC).....	221
TABELA 52: Impacto nas emissões da implantação de um programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton NOx).....	222
TABELA 53: Redução relativa das emissões por ano-modelo com a implantação de IM - 2010	224
TABELA 54: Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2010	226
TABELA 55: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton CO).....	227
TABELA 56: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton HC)	227
TABELA 57: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton NOx)	228
TABELA 58: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton CO).....	231
TABELA 59: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton HC)	231
TABELA 60: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton NOx)	232
TABELA 61: Emissões de poluentes em 2010 - ton.....	247

Figuras

FIGURA 1: Pirâmide da Saúde Relativa à Poluição Atmosférica	8
FIGURA 2 – Ciclo de Direção FTP-75	31
FIGURA 3 – Ciclo de Direção ECE.....	37
FIGURA 4 - Ciclo de Direção EUDC.....	38
Figura 5: Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -CO	51
FIGURA 6 - Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -HC	52
FIGURA 7 - Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -NOx	52
FIGURA 8 – Evolução dos veículos convertidos para GNV no Brasil	58
FIGURA 9 - Vendas de GNV nos municípios do Rio de Janeiro e São Paulo [m ³]	59
FIGURA 10 - Percentual de aprovação/reprovação nas vistorias de gases - veículos a GNV.....	67
FIGURA 11 - Comparação entre a frota vistoriada e a frota licenciada da RMRJ.....	142
FIGURA 12: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE – CO (ton/ano)	219
FIGURA 13: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE – HC (ton/ano).....	219
FIGURA 14: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE - NOx (ton/ano)	220
FIGURA 15: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção - CO (ton/ano).....	223
FIGURA 16: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção – HC (ton/ano)	223
FIGURA 17: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção – NOx (ton/ano)	224
FIGURA 18: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota – CO (ton/ano).....	229
FIGURA 19: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota - HC (ton/ano)	229
FIGURA 20: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota - NOx (ton/ano).....	230

FIGURA 21: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – CO (ton/ano)	233
FIGURA 22: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – HC (ton/ano)	233
FIGURA 23: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – NOx (ton/ano)	234
FIGURA 24 - Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares – CO (ton/ano)	235
FIGURA 25- Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares - HC (ton/ano)	235
FIGURA 26 - Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares - NOx (ton/ano)	236

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETIVO DO TRABALHO

As diversas formas de energia são fundamentais para praticamente todas as atividades do homem, desde econômicas, de lazer, cotidiano, até de sobrevivência. Entretanto sua utilização tem sido um dos principais fatores de degradação ambiental. As fontes fósseis de energia¹ apresentam posição dominante em nível internacional, apesar do aumento do uso de outras fontes energéticas². Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados como fonte de energia para geração de energia elétrica, no setor de transportes e na indústria.

A utilização de fontes fósseis de energia é responsável pelas emissões de poluentes atmosféricos, frutos de sua combustão. Essas emissões geram impactos ambientais em nível global (através da emissão de CO₂ causando o aumento do efeito estufa³), regional (como chuvas ácidas causadas pela emissão de SO₂ e NO₂)⁴ e locais, contribuindo para a poluição do ar das cidades através de emissões de monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e materiais particulados (MP)).

A emissão de poluentes locais ocorre devido à composição dos combustíveis (por exemplo, o teor de enxofre) e à sua queima incompleta em motores. Uma queima

¹ Derivados de petróleo, gás natural e carvão mineral.

² Como, por exemplo, fontes renováveis de energia: eólica, solar, hídrica, etc.

³ O aumento do efeito estufa está relacionado ao aumento de temperatura da Terra provocada pela retenção de radiação infravermelha por ela reemitida, em função do aumento da concentração de determinados gases que têm essa propriedade (CO₂, o CH₄, os CFCs e o N₂O). A camada de gases que envolve o planeta é fundamentalmente importante na manutenção da vida pela retenção de calor que proporciona, fazendo com que haja um efeito estufa natural. O acréscimo na concentração desses gases mencionados, que absorvem radiação, causa um aumento na retenção desse calor, levando a um aumento da temperatura da Terra. O CO₂ é considerado o principal responsável pelo efeito estufa e sua principal fonte de emissão é a queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2001).

⁴ A chuva ácida é resultado da lavagem da atmosfera pelas chuvas que arrastam os óxidos de enxofre e de nitrogênio nela presentes e outros elementos ácidos, alterando a acidez da água pela formação de ácido sulfuroso, sulfúrico, nitroso e nítrico causando impactos como: acidificação de solos e corpos d'água, danos a monumentos e edificações (dano ao patrimônio histórico e cultural), impactos sobre flora e fauna, etc. Essas chuvas dependem das condições de dispersão de poluentes (tempo de residência na atmosfera) (EPA, 2004, in www.epa.gov/acidrain).

completa (teórica) resultaria na emissão de CO₂, apenas, mas ainda assim contribuiria para o aquecimento global.

Um poluente pode ter diversas origens, denominadas fontes. De acordo com a sua origem, os poluentes podem ser classificados como poluentes primários, emitidos diretamente na atmosfera já na forma de poluentes, e poluentes secundários, que são formados na atmosfera a partir de reações químicas ou mesmo fotoquímicas entre dois ou mais poluentes, como, por exemplo, o ozônio - O₃, tendo como precursores os hidrocarbonetos e o NO_x. A partir de alguns processos denominados genericamente de sumidouros, esses poluentes podem desaparecer mais ou menos rapidamente; por exemplo, podem ser captados pelos vegetais, pela terra ou oceanos, ou transformados quimicamente em outros compostos.

As fontes de emissão diretas na atmosfera podem ser enquadradas dentro da seguinte classificação:

- Fontes fixas - representadas por dois grandes grupos: de atividades pouco representativas nas áreas urbanas (por exemplo, queimas de resíduos, lavanderias e queima de combustíveis em padarias, hotéis, hospitais e outras atividades tidas usualmente como fontes de poluição não industriais), e de atividades individualmente significativas tendo em vista a variedade ou intensidade de poluentes emitidos (plantas de geração e setor industrial).
- Fontes móveis - compostas pelos meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre, em especial os veículos automotores que, pelo número e distribuição ocupacional espacial, passam a constituir-se como fontes de destaque nas áreas urbanas.
- Fontes naturais - associadas aos processos naturais de emissão, como as emissões vulcânicas, o arraste eólico, entre outros.

A TABELA 1 ilustra a relação entre as diversas fontes e seus poluentes característicos.

TABELA 1: Relação entre fontes e seus poluentes característicos.

Fontes		Poluentes
Classificação	Tipo	
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado
		Dióxido de enxofre e trióxido de enxofre
		Monóxido de carbono
		Hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras e névoas)
		Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCL e Hidrocarbonetos
		HF, H ₂ S, NO _x
	Queima de Resíduos Sólidos	Material particulado
		Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCL, NO _x
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado
Fontes Móveis	Veículos Automotores	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre
	Aviões e Barcos	Óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio
	Locomotivas, etc.	Ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e aldeídos
Fontes Naturais		Material particulado – poeiras
		Gases – SO ₂ , SO ₃ , HCL, NO _x , hidrocarbonetos
Reações Químicas		Poluentes secundários - O ₃ , aldeídos
		Ácidos orgânicos, nitratos orgânicos
		Aerossol fotoquímico, etc.

Fonte: CAVALCANTI (2003).

A emissão de poluentes locais ao longo do tempo resultou em uma degradação da qualidade do ar em grandes centros urbanos. As emissões de poluentes, através de diferentes formas de dispersão, resultou no aumento da concentração desses poluentes na atmosfera. A concentração de poluentes no ar é função do acúmulo de substâncias lançadas pelas diversas fontes e é o resultado final de processos complexos, sujeitos a vários fatores que compreendem não só a emissão pelas fontes como também suas interações físicas (diluição) e químicas (reações) na atmosfera.

É a interação entre as fontes de poluição e as condições atmosféricas que define a qualidade do ar em uma localidade ou região. Essa combinação, entretanto, varia no espaço e no tempo. A concentração dos poluentes no ar depende tanto dos mecanismos de dispersão como de sua produção e remoção. A capacidade de

dispersão varia muito com a topografia e as condições meteorológicas, conforme descrito a seguir:

- A direção e velocidade dos ventos propiciam o transporte e a dispersão dos poluentes atmosféricos, identificam sua trajetória e alcances possíveis. Em situações de calmaria, ocorre a estagnação do ar, proporcionando um aumento nas concentrações de poluentes.
- As chuvas atuam com muita eficiência na remoção dos poluentes do ar, em maior ou menor grau, dependendo da sua intensidade. São normalmente associadas às penetrações de frentes frias que, além de ocasionar precipitações pluviométricas, promovem a intensificação dos ventos. Em locais onde o escoamento do ar é obstruído por grandes edificações, serras, montanhas, etc., a precipitação pluviométrica passa a ser o único mecanismo capaz de remover os poluentes do ar, uma vez que sob tais circunstâncias estes não sofrem a ação dos ventos. Entretanto, deve-se ressaltar que com a lavagem da atmosfera, há a transposição dos poluentes para o solo e águas superficiais.
- O grau de estabilidade atmosférica determina a capacidade do poluente expandir-se verticalmente. A estabilidade é determinada pela velocidade do vento e pela variação da temperatura com a altitude. O ar mais próximo à superfície, que é mais quente, portanto mais leve, pode ascender, favorecendo a dispersão dos poluentes emitidos pelas fontes. Quando a temperatura do ar aumenta com a altitude, ocorre “inversão térmica”, fenômeno de origem natural. A inversão térmica é uma condição meteorológica que ocorre quando uma camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio, impedindo o movimento ascendente do ar. O ar mais próximo a superfície, mais frio, e portanto mais pesado, fica estagnado, fazendo com que os poluentes se mantenham próximos da superfície. Em um ambiente com um grande número de indústrias e de circulação de veículos, como o dos grandes centros urbanos, a inversão térmica pode levar a altas concentrações de poluentes.

A ocorrência de poluição do ar está relacionada à alteração da composição da atmosfera. Desse modo, são estabelecidos níveis de referência para diferenciar o ar

poluído daquele não poluído, sendo o grau de poluição medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes nesse ar. Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas). Os níveis de referência fornecem suporte para determinar as relações entre as emissões dos poluentes e os efeitos sobre o meio ambiente (padrões de qualidade do ar).

Sob o aspecto legal, um dos níveis de referência utilizados é o denominado padrão de qualidade do ar. Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a saúde e o bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada⁵. A concentração de poluentes no ar é função do acúmulo de substâncias lançadas pelas diversas fontes. Assim, outro nível de referência empregado é o padrão de emissão, que é um limite estabelecido legalmente para a emissão de poluente na fonte. Esses limites estabelecidos para as fontes de emissão, chamados padrões de emissão, quantificam o nível máximo de emissão de um determinado poluente na fonte.

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 para realizar os serviços de medição e análise. 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 (SO₂), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂). A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está relacionada a sua maior

⁵ No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 contemplando os parâmetros: partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e fumaça. Os padrões estabelecidos são de dois tipos: primários e secundários. Os padrões primários de qualidade do ar referem-se às concentrações de poluentes que, uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Os padrões secundários de qualidade do ar dizem respeito às concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

freqüência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente (CETESB, 2003).

Os efeitos da poluição do ar podem ser caracterizados tanto pela alteração de condições consideradas normais como pela potencialização de problemas já existentes. Podem se manifestar na saúde, no bem estar da população, na vegetação e na fauna, sobre os materiais e sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade, etc. A TABELA 2 sumariza as fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos de efeito local existentes.

TABELA 2: Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS SOBRE A SAÚDE	EFEITOS GERAIS AO MEIO AMBIENTE
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis (MP₁₀) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (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, redução da 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)

A FIGURA 1 apresenta uma pirâmide de saúde relativa à poluição do ar, segundo Health Canadá (2003). Observa-se que problemas mais graves para a saúde humana atingem uma menor proporção da população. Já problemas como falta de ar e respiração dolorosa podem afetar uma maior proporção da população.

FIGURA 1

FIGURA 1: Pirâmide da Saúde Relativa à Poluição Atmosférica



Fonte: Health Canada (2003)

A poluição atmosférica, notadamente desde a primeira metade do século XX, é considerada um grave problema nos grandes centros urbanos⁶, com a presença cada

⁶ De uma maneira geral, a poluição do ar é maior nas cidades, pela maior concentração de fontes de emissão de poluentes (por exemplo, veículos), seguida das regiões suburbanas com menor concentração de fontes, porém influenciadas pelas emissões do centro urbano e, por último, nas áreas rurais.

vez maior dos automóveis, que vieram a se somar com as indústrias como principais fontes poluidoras. Episódios de poluição excessiva foram formalmente correlacionados ao aumento do número de mortes em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos (Saldiva *et al*, 2002).

O primeiro episódio ocorreu em 1930, no vale de Meuse, Bélgica, uma região com grande concentração de indústrias distribuídas em uma faixa de, aproximadamente, vinte quilômetros de extensão. Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, que permaneceram estacionados sobre a região. Imediatamente foi registrado um aumento do número de doenças respiratórias e um excesso de mortes até dois dias após o início do episódio. Alguns anos depois, um episódio semelhante ocorreu durante os últimos cinco dias do mês de outubro de 1948 na cidade de Donora, Pensilvânia. Os produtos da combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade devido à ocorrência de inversões térmicas que impediram a dispersão destes poluentes. Os registros locais evidenciaram os mesmos efeitos sobre a saúde da população.

Em dezembro de 1948 Londres foi envolvida por um nevoeiro bastante espesso e pesado (*smog*) que chegou a provocar a morte de muitas pessoas⁷. Causado pela queima de carvão nas indústrias e residências, o fenômeno do *smog* deflagrava verdadeiro surto de problemas oculares e respiratórios. Nessa mesma cidade, o mais clássico e mais grave dos episódios acerca dos efeitos deletérios dos poluentes do ar foi o acontecido durante o inverno de 1952. Um episódio de inversão térmica impediu a dispersão de poluentes, gerados então pelas indústrias e pelos aquecedores domiciliares que utilizavam carvão como combustível, e uma nuvem, composta principalmente por material particulado e enxofre permaneceu estacionada sobre a cidade por aproximadamente três dias, levando a um aumento de 4.000 óbitos em relação à média verificada em períodos semelhantes (Saldiva *et al*, 2002).

Estes trágicos episódios direcionaram os olhos dos pesquisadores para a necessidade de se buscar o controle da emissão de poluentes do ar. Em 1955, o Congresso norte-

⁷ O *smog* é uma mistura química de gases. Os óxidos de nitrogênio (NOx), compostos voláteis orgânicos (VOC), dióxido de sulfureto, aerossóis ácidos e gases, bem como partículas de matéria, formam parte desta bruma. A reação destes compostos com a luz solar produz o chamado *smog* fotoquímico, cuja

americano aprovou o uso de cinco milhões de dólares para a realização de estudos sobre o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde e a economia. Ações de controle ambiental não eram a pauta de discussão até aquele momento. Só a partir do início da década de 60, foi criado um programa federal de poluição atmosférica, ligado ao Departamento de Saúde Educação e Bem Estar Social dos Estados Unidos da América - EUA. Entretanto, em 1966 houve novos episódios de aumento local da poluição, fazendo com que os EUA estabelecessem padrões de qualidade do ar. Foi então criada a Agência de Proteção Ambiental norte-americana – EPA, que passou a implementar varias medidas de controle da emissão de poluentes atmosféricos.

Na Europa, o desenvolvimento de ações para controlar as emissões também foi bastante influenciado pelo episódio ocorrido em 1952 na cidade de Londres. O Parlamento Inglês, em 1956, atribuiu às autoridades locais o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça preta emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou óleo diesel. Para tanto, o governo forneceu os subsídios necessários para a mudança dos sistemas de calefação para esses tipos de combustível.

Os “*Clean Air Act*”, de 1956 e 1968, também ampliaram os controles de emissão de poluentes atmosféricos na Europa. Em 1976, uma comissão de países europeus (*Comission of the European Communities- CEC*), estabeleceu padrões de qualidade. Esses padrões foram sendo aprimorados ao longo dos anos, subsidiando as legislações dos diversos países europeus de uma maneira uniforme.

À medida que os países desenvolvidos foram aperfeiçoando formas de controle das emissões de poluentes⁸, tanto de fontes fixas quanto de fontes móveis (estes cada vez mais importantes devido ao aumento dos veículos em circulação nos grandes centros urbanos⁹), 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

característica principal é a presença do ozônio no nível da terra, o que pode causar numerosos problemas de saúde.

⁸ Como, por exemplo, limites de emissão.

⁹ Os meios de transporte como automóveis, ônibus e caminhões são responsáveis por parte importante da poluição atmosférica, principalmente nos aglomerados urbanos, onde existe uma alta concentração de veículos em circulação. A expansão das frotas circulantes, associadas às características tecnológicas dos veículos mais antigos e dos combustíveis então em uso, acabaram por acarretar uma elevação dos níveis de emissões automotivas.

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 veículos¹⁰. A TABELA 3 apresenta a concentração de poluentes atmosféricos em algumas cidades do mundo. Pode-se observar que as cidades de países em vias de desenvolvimento apresentam as concentrações mais altas.

TABELA 3 – Concentração de poluentes atmosféricos em algumas cidades do mundo [µg / 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	-
Jakarta, Indonésia	-	271	-

Fonte: Banco Mundial (2000).

Nas grandes cidades brasileiras os padrões de qualidade do ar são violados, principalmente, pelos gases provenientes dos tubos de escapamento dos veículos, motivo pelo qual tem se dado ênfase ao controle das emissões veiculares¹¹. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)¹² se destaca como o maior centro urbano do

¹⁰ Ver Walsh, MP (1985), Mage, DT & Zali, O (1992)

¹¹ Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, um dos poluentes que tem ultrapassado mais os padrões da qualidade do ar é o ozônio. Este poluente tem ultrapassagem do padrão durante o ano inteiro, sendo que suas maiores ocorrências se dão na primavera e verão, devido a maior intensidade da luz solar. Por isso ao longo de todo o ano é necessário controlar os compostos orgânicos e óxidos de nitrogênio, que são os formadores desse poluente por processos fotoquímicos (CETESB, 2003).

¹² A Região Metropolitana de São Paulo constitui-se dos Municípios de São Paulo, Arujá, Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guararema, Guarulhos, Itapeverica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Jujituba, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus,

Brasil e aquela que apresenta os maiores problemas de poluição atmosférica. Em outras grandes regiões metropolitanas, como a do Rio de Janeiro e mesmo algumas das demais capitais estaduais, também já se observam os mesmos sintomas, em menor escala.

O aumento das emissões veiculares levou, então, a implantação de medidas de controle no país. Pode-se destacar como a principal medida a implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. Esse Programa, baseado na experiência internacional de países desenvolvidos, determina que os veículos e motores novos atendam a limites máximos de emissão, em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O Programa impõe ainda a certificação de protótipos e de veículos das linhas de produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em não conformidade com as especificações de projeto e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios (IBAMA, 1998).

A importância do presente estudo se dá devido ao fato de as emissões veiculares continuarem sendo os principais responsáveis pela poluição atmosférica nos grandes centros urbanos, apesar das medidas implantadas ao longo do tempo. Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, os padrões de qualidade do ar do ozônio tem sido freqüentemente ultrapassados, principalmente nos dias de alta insolação.

O PROCONVE resultou em reduções importantes de emissões originadas por veículos leves de passageiros (automóveis), conforme será detalhado posteriormente. No entanto, esses avanços podem ser aprimorados para garantir melhorias adicionais na qualidade do ar nas grandes cidades brasileiras.

O PROCONVE, através da determinação de limites de emissão, atua sobre os veículos novos. Entretanto, a natural deterioração dos veículos ao longo de sua vida útil, aliada a uma manutenção veicular inadequada que pode implicar no mau funcionamento das novas tecnologias veiculares (responsáveis pela baixa emissão

Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santa Isabel, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Suzano e Taboão da Serra (Lei Complementar nº 14,

dos veículos novos em relação aos mais antigos), pode ocasionar um aumento significativo das emissões veiculares mesmo dos veículos fabricados em conformidade com as normas do programa, contribuindo bastante para o aumento da poluição atmosférica. Por outro lado, os veículos antigos são responsáveis por uma parte importante das emissões.

É necessária, então, a implantação de medidas além do conjunto atualmente previsto no PROCONVE, para o controle das emissões veiculares, visto que os problemas da poluição de origem veicular ainda não foram mitigados.

Este estudo tem como objetivo uma avaliação de programas alternativos que possam complementar programas como o PROCONVE, com base na hipótese de que este programa não será suficiente para controlar as emissões veiculares, através da modelagem e análise dos impactos nas emissões de poluentes da implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota, considerando os veículos leves de passageiros (automóveis). O primeiro programa visa à mitigação do problema da deterioração das emissões veiculares que ocorre ao longo do uso do veículo, e o segundo visa acelerar benefícios futuros do PROCONVE através da substituição de veículos antigos por novos, os quais saem de fábrica com os fatores de emissão bastante menores em comparação com os veículos antigos, ganho proporcionado pelo PROCONVE.

É importante que os fatores de emissão dos veículos sejam mais baixos, mas, também, que as emissões desses veículos não se deterioreem de forma significativa ao longo de sua vida útil. Para isto é analisada, também, a implantação conjunta dos dois programas.

Este estudo foi elaborado utilizando como estudo de caso a Região Metropolitana de São Paulo, que é o maior centro urbano brasileiro, um dos que apresentam maiores problemas de poluição atmosférica e que, em consequência disto, ter tido papel importante 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 Brasil¹³.

¹³ 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 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.

1.2. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Além deste primeiro Capítulo, que apresenta o tema do estudo e seus objetivos, a tese é composta por mais seis capítulos e as referências bibliográficas.

O presente estudo trata da proposta e avaliação de dois programas para o controle de emissões de poluentes de veículos leves no Brasil com o objetivo de aprimorar os resultados do PROCONVE: Programa de Inspeção e Manutenção Veicular e de Renovação Acelerada da Frota. Desta forma, para a compreensão do tema da poluição de origem veicular, inicialmente são apresentados, no Capítulo 2, os aspectos gerais sobre a poluição de origem veicular descrevendo suas características principais, a contribuição veicular nas emissões totais e aspectos tecnológicos e de combustíveis dos veículos pesados e leves. Nota-se que os primeiros não são o foco desse estudo, sendo apenas apresentadas breves considerações. Neste mesmo capítulo é apresentado o histórico da experiência internacional de regulamentação do controle das emissões de veículos leves e a experiência brasileira, o PROCONVE. A frota brasileira de veículos leves é, em sua maioria, movida a gasolina, sendo também importante o número de veículos movidos a álcool combustível, GNV, e atualmente em expansão, a frota de veículos bicomcombustíveis flex-fuel, que utilizam álcool combustível e/ou gasolina. Os aspectos principais desses combustíveis são detalhados nesse mesmo capítulo.

Os Capítulos 3 e 4 tratam dos programas de inspeção e manutenção veicular – I/M e de renovação acelerada da frota, respectivamente, apresentando aspectos gerais de programas desse tipo, a experiência internacional de implementação e a experiência brasileira. Com base na avaliação das experiências apresentadas, foram elaborados um programa padrão de I/M e outro de renovação acelerada da frota, como propostas para implantação no Brasil.

O objetivo das propostas dos programas é a redução das emissões veiculares. Para isso foram estimadas as emissões decorrentes da implantação de cada programa,

projetadas até 2010, a partir da elaboração de cinco cenários: *Business as usual* (situação atual), Sem Proconve, Inspeção e Manutenção, Renovação Acelerada da Frota, Implantação Conjunta dos Programas. A metodologia da modelagem dessas estimativas, assim como os parâmetros para a elaboração dos cenários são apresentados no Capítulo 5. São detalhados os parâmetros de frota, considerando a composição da frota, vendas e curva de sucateamento, a distribuição por combustível incluindo veículos movidos a GNV e com tecnologia flex-fuel. São detalhados, também, outros parâmetros, como quilometragem anual dos veículos, estimativas de fatores de emissão, fatores de deterioração, entre outros.

O Capítulo 6, então, apresenta e analisa os resultados das estimativas de emissões de cada cenário, considerando as reduções de emissão decorrentes da implantação do PROCONVE e da implantação dos programas propostos de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota de forma a avaliar a sua contribuição para a redução das emissões veiculares.

Por fim, as conclusões, considerações finais e recomendações para estudos futuros completam o presente estudo.

2. POLUIÇÃO DE ORIGEM VEICULAR

2.1. ASPECTOS GERAIS

O setor de transportes tem uma participação ativa no crescimento acelerado da poluição, principalmente em grandes centros urbanos em regiões onde o transporte está baseado em rodovias, ou seja, boa parte do transporte de bens é feita via caminhões, e o transporte de pessoas é basicamente realizado em ônibus ou automóvel.

Grandes centros urbanos, como as cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro no Brasil, enfrentam cada vez mais intensamente o problema de enormes congestionamentos. Estes ocasionam problemas como o aumento da poluição atmosférica, a perda de tempo, de produtividade, estresse, e, aumento de consumo de combustíveis. Como o sistema de transporte coletivo oferecido não é geralmente satisfatório, a opção pelo transporte individual é feita, aumentando o número de veículos em circulação.

A adição de novos veículos, ainda que de alguns modelos mais eficientes em termos de consumo de combustível, aumenta o volume total das emissões, tanto por suas próprias emissões quanto pelo aumento do congestionamento do tráfego, o que leva os demais veículos a emitir mais por quilômetro percorrido.

Cabe acrescentar que o comportamento do proprietário do veículo pode exercer grande influência nos níveis de emissão. A distância percorrida pelo veículo durante a sua vida-útil (que é correlacionado, aproximadamente, com a idade do veículo), o tipo e a frequência de manutenção vai influenciar bastante na performance ambiental do veículo. O tipo de veículo utilizado e outras características tecnológicas, como por exemplo, a presença de catalisadores e suas condições de manutenção, vão também afetar a qualidade e quantidade dos poluentes emitidos ao longo da vida útil do veículo.

As emissões de poluentes originadas pelo uso de veículos automotores podem ser divididas nas seguintes categorias¹⁴ (CETESB, 2003):

- 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)

Os principais poluentes emitidos diretamente pelos veículos automotores são: o monóxido de carbono - CO, os hidrocarbonetos - HC, os óxidos de nitrogênio - NOx, os óxidos de enxofre – SOx, o material particulado – MP (partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis e partículas inaláveis finas) e aldeídos.

A emissão desses poluentes pelos veículos representa parte importante das emissões totais em grandes centros urbanos, sendo que, muitas vezes, são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica. Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, as emissões de origem veicular são responsáveis por quase 100% das emissões de CO, HC e NOx, conforme pode ser observado nas Tabelas 4 e 5, que apresentam as principais fontes e emissões de poluentes atmosféricos na RMSP em

¹⁴ Os veículos automotivos utilizam-se de motores de combustão interna, os quais podem ser classificados em duas amplas categorias: Motores de ignição por faísca (ciclo otto), onde uma centelha inicia o processo de combustão (utilizam como combustível gasolina, álcool e GNV, por exemplo) e Motores de combustão espontânea (ciclo diesel), nos quais a combustão é gerada através da compressão do ar, aquecendo-o para a injeção do combustível líquido, gerando o processo de combustão (utilizam como combustível, por exemplo, óleo diesel). As principais diferenças, no que tange ao funcionamento destes motores, dizem respeito à robustez, às relações de compressão de ambos, ao sistema de introdução de combustível e à ignição.

2002. Pode-se, verificar, também, que os veículos leves, tema do presente estudo, representam mais da metade das emissões totais de CO e HC.

TABELA 4: Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002

FONTE DE EMISSÃO			EMIÇÃO (1000 t/ano)				
			CO	HC	NOx	SOx	MP ⁴
M O V E I S	TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOLINA C ¹	790,2	84,2	51,8	9,1	5,2
		ALCOOL	211,5	22,9	12,6	-	-
		DIESEL ²	444,4	72,4	324,5	11,2	20,2
		TAXI	2,3	0,5	0,7	0,3	0,1
		MOTOCICLETA E SIMILARES	238,9	31,5	1,2	0,5	0,6
	CARTER E EVAPORATIVA	GASOLINA C	-	134,1	-	-	-
		ALCOOL	-	17,2	-	-	-
		MOTOCICLETA E SIMILARES	-	17,0	-	-	-
	PNEUS	TODOS OS TIPOS	-	-	-	-	8,3
	OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTIVEL	GASOLINA C	-	12,4	-	-	-
		ALCOOL	-	0,6	-	-	-
F I X A	OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL		38,6	12,0	14,0	17,1	31,6
TOTAL			1725,9	404,8	404,8	38,2	66,0

Fonte: CETESB (2003)

1 - Gasolina C: gasolina contendo 22% de álcool anidro e 700ppm de enxofre (massa)

2 - Diesel: tipo metropolitano

3 - Emissão composta para o ar (partículas) e para o solo (impregnação)

4 - MP refere-se ao total de material particulado, sendo que as partículas inaláveis são uma fração deste total.

A TABELA 5 apresenta a participação de cada fonte nas emissões totais de 2002 da RMSP.

TABELA 5: Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2002

FONTE DE EMISSÃO		POLUENTES (%)				
		CO	HC	NOx	SOx	MP
TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOLINA C	45,9	20,8	12,8	23,8	8,0
	ALCOOL	12,3	5,7	3,1		
	DIESEL	25,7	17,9	80,1	29,3	30,9
	TAXI	0,1	0,1	0,2	0,8	0,2
	MOTOCICLETA E SIMILARES	13,8	7,8	0,3	1,3	0,9
CARTER E EVAPORAIVA	GASOLINA C	-	33,1	-	-	-
	ALCOOL	-	4,2	-	-	-
	MOTOCICLETA E SIMILARES	-	4,2	-	-	-
OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTÍVEL	GASOLINA C	-	3,1	-	-	-
	ALCOOL		0,1	-	-	-
OPERAÇÕES DE PROCESSO INDUSTRIAL (1990)		2,2	3,0	3,5	44,8	10,0
RESSUSPENSÃO DE PARTICULAS		-	-	-	-	25,0
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS		-	-	-	-	25,0
TOTAL		100	100	100	100	100

Fonte: CETESB (2003)

A seguir são apresentados separadamente aspectos relativos às emissões de veículos pesados, e, com mais detalhe, de veículos leves, incluindo aspectos tecnológicos e de combustíveis.

2.1.1. VEÍCULOS PESADOS

O óleo diesel é o principal combustível utilizado em veículos pesados. Os veículos pesados são utilizados em uma variedade de aplicações, como transporte de carga em grandes caminhões e de passageiros em ônibus¹⁵. Devido a este fato, desempenham um papel importante no setor de transportes de bens e materiais, sendo um elemento fundamental na economia. O óleo diesel, porém, é um combustível bastante poluente. Os principais poluentes emitidos pelos motores a diesel são os materiais particulados e os óxidos de nitrogênio (Tabelas 4 e 5).

Filtros podem reduzir bastante o material particulado emitido pelos veículos a diesel e catalisadores podem também reduzir as emissões de NOx. Entretanto a instalação das tecnologias de controle de emissões nos veículos a diesel necessita da disponibilidade de diesel com baixo teor de enxofre (de um modo geral menor que 50 ppm) devido ao fato deste poluente danificar os sistemas de controle, reduzindo a eficiência dos filtros e catalisadores.

Diversos países, como os EUA e países da Europa estão reduzindo os teores de enxofre do óleo diesel. Atualmente na Europa, até dezembro de 2004, o teor máximo de enxofre é de 350 ppm, depois sofrerá uma redução para 50 ppm em 2005 e 10 ppm em 2010¹⁶. Nos EUA atualmente o teor máximo de enxofre é de 500 ppm e até 2010 se reduzirá para 15 ppm¹⁷.

No Brasil, a legislação está evoluindo e seguindo tendências internacionais. Entretanto, existe claramente uma defasagem desta legislação quando comparada às existentes em países desenvolvidos. O teor de enxofre do diesel brasileiro ainda é alto, impedindo o uso de sistemas de controle de emissões mais sofisticados. Assim, a

¹⁵ O Veículo pesado (ônibus e caminhão), segundo legislação brasileira, é o veículo automotor para transporte de passageiros e/ou carga, com massa total máxima maior que 3.856kg projetado para o transporte de passageiros ou de carga (IBAMA, 2004).

¹⁶ Europa Directive 98/70/EC e emenda 2003/17/ec.

¹⁷ EPA in www.epa.org

redução dos teores de SO_x é condição importante para a redução da emissão de outros poluentes pela frota diesel.

O equacionamento desta questão não é trivial, pois a adoção de um diesel com baixo teor de enxofre em todo o país pode envolver elevados custos 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 internacional¹⁸. Assim, o diesel brasileiro automotivo, é dividido em dois tipos: o diesel metropolitano, que é comercializado nas capitais e regiões metropolitanas (áreas com grande concentração de veículos e maior índice de poluição atmosférica) e possui um teor mais baixo de enxofre, e o diesel interior, que é comercializado nas regiões distantes das capitais, com circulação mais dispersa de ônibus e caminhões¹⁹. A TABELA 6 apresenta a evolução do teor máximo permitido de enxofre no óleo diesel metropolitano no Brasil.

¹⁸ O consumo de óleo diesel no Brasil é bastante elevado, sendo este o derivado que tem a maior participação no consumo. A opção pelo transporte rodoviário como principal meio de transporte em um país de dimensões continentais como o Brasil e o perfil do transporte público urbano das grandes cidades (baseado na utilização de ônibus) explica o alto consumo de diesel. Em 2003 representou cerca de 45% das vendas de derivados no país e as vendas de gasolina 27% (ANP, 2004). Entretanto, o petróleo brasileiro é tipicamente um óleo pesado que, além de geralmente conter um alto teor de enxofre, quando fracionado na refinaria, produz uma quantidade muito grande de nafta, gasolina, óleo combustível e, em quantidade menor, óleo diesel (tendo o Brasil necessidade de importar este derivado). Já o petróleo importado é um óleo leve, com baixo teor de enxofre, cujas características são mais adequadas para a produção de diesel. Para reduzir a dependência externa, quer seja pela importação de petróleo ou de derivados, o parque de refino está sendo adaptado (pela Petrobrás S.A) para processar o petróleo nacional e produzir mais derivados como o óleo diesel (com um teor mais baixo de enxofre) e, dessa forma, compatibilizar o perfil de consumo ao tipo de petróleo nacional.

¹⁹ Cabe acrescentar que o governo brasileiro está promovendo, dentro do Programa Combustível Verde, a utilização em larga escala do biodiesel (a partir de óleo extraído de várias fontes, como mamona, soja, babaçu, dendê, etc.) a nível nacional, inicialmente com uma mistura de 2% (B2) no óleo diesel a partir de 2005 aumentando gradativamente para 5% em 2010 (MME, 2004). Isto permitirá uma redução nas importações de óleo diesel. O marco regulatório do combustível está a cargo da Agência Nacional do Petróleo. O Programa prevê o uso de agricultura familiar, desenvolvimento tecnológico, isenção fiscal e estímulo ao crédito.

TABELA 6 : Evolução do teor máximo permitido de óleo diesel metropolitano¹ no Brasil

Ano com base na legislação em vigor	Teor máximo de enxofre do diesel metropolitano ² (ppm)
Até 1997	5000
1998	3000
2000	2000
Atual (a partir de 12/2001)	2000

Fonte: Portaria DNC nº 32/97 e Portaria ANP nº 310/2001

¹ Óleo diesel automotivo metropolitano - comercializado em municípios definidos, conforme determinação do Ministério do Meio Ambiente e especificados na Portaria da ANP nº 310, de 27 de dezembro de 2001.

² O teor máximo de enxofre do diesel interior até 1998 era de 10000 ppm, a partir de 1998, de 5000 ppm. Atualmente, (a partir da Portaria ANP nº 310/2001), 3.500 ppm.

Os veículos pesados, então, têm enfrentado dificuldades para atender a padrões cada vez mais rigorosos de emissões. Uma possível solução seria a utilização do gás natural veicular – GNV em veículos pesados. Grandes centros urbanos, cujo transporte público é efetivado na maior parte por meio rodoviário (ônibus) poderiam se beneficiar com a substituição do diesel por GNV²⁰ (IANGV, 2000).

²⁰ Segundo CETESB (2001), substituir o óleo diesel pelo gás natural no transporte público urbano poderia reduzir emissões de particulados e de NOx. Os fatores de emissão do diesel para particulados e NOx (considerando os motores mais vendidos para aplicação no transporte coletivo no Brasil), são 0,149g/kwh e 6,91 g/kwh, respectivamente. Os fatores de emissão do GNV são de 0,027 g/kwh e 2,61 g/kwh.

2.1.1. VEÍCULOS LEVES

Os veículos leves de passageiros - os automóveis (foco desse estudo) são cada vez mais numerosos nos grandes centros urbanos. Seus principais poluentes locais são o CO, os hidrocarbonetos e o NOx (Tabelas 4 e 5). Programas de controle de emissões veiculares têm estimulado a pesquisa e o desenvolvimento do setor de veículos leves.

Devido à implantação de limites de emissão de poluentes a nível internacional, os automóveis, movidos a gasolina principalmente²¹, têm sofrido uma evolução tecnológica intensa propiciando a produção de veículos cada vez menos poluentes. Essa evolução ocasionou a redução de emissões veiculares, mesmo com o aumento da frota²².

Parte do desenvolvimento tecnológico caminhou no sentido do aperfeiçoamento da reação de combustão, como, por exemplo, na otimização da relação ar-combustível (relação esta que fora do valor ótimo resulta na queima incompleta do combustível), gerando emissões de poluentes, conforme apresentado anteriormente.

Um dos aperfeiçoamentos tecnológicos em motores foi a troca dos carburadores pelos injetores de combustível, que controlam a alimentação de combustível melhorando a combustão e o correspondente consumo. O sistema eletrônico de injeção de combustível melhora a dosagem de combustível a ser introduzido na câmara de combustão, bem como a dispersão do mesmo no ar que alimenta o motor, de modo que a queima se processe mais próxima das condições ideais. Isto é feito por meio da substituição do carburador por válvulas de injeção do combustível, que ajustam o volume às necessidades do motor, monitorando por meio de sensores de carga, rotação, temperatura, pressão, etc.

²¹ No Brasil os veículos leves de passageiros utilizam, em sua grande maioria, gasolina, mas existe um percentual que utiliza álcool combustível e outro gás natural veicular, conforme será detalhado nas Seções 2.4 e 2.5.

²² Posteriormente será detalhada a redução das emissões veiculares de veículos leves de passageiros como consequência da evolução tecnológica estimulada, também, pelo PROCONVE, mesmo com o aumento da frota.

A implantação de sistemas de controle de emissões foi, também, responsável por uma redução substancial das emissões por veículo (conversor catalítico, injeção eletrônica, sensor de oxigênio, entre outros dispositivos eletrônicos).

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

A confiabilidade do sistema de controle das emissões - SCE, incluindo a operação do motor que afeta a performance do SCE, é um ponto determinante para as emissões reais durante o ciclo de vida do veículo. Quando há um mau funcionamento do SCE, as emissões podem aumentar significativamente com relação aos níveis padrão para os quais o veículo é certificado. Esse risco pode ser minimizado através da implantação de programas de inspeção e manutenção veiculares, objeto desse estudo.

Com a falha ou o mau funcionamento do SCE, até veículos novos poderão poluir tanto ou mais do que os veículos mais antigos, mesmo que estes últimos tenham atendido a um padrão de emissão de gases de escapamento menos restritivo. No entanto, é de se esperar que aqueles veículos que atendam a limites mais restritivos poluam menos, em média.

Cabe ressaltar que a implantação dos sistemas de controle de emissões, em particular os catalisadores, só foi possível devido à retirada do chumbo tetraetila da gasolina, utilizado para aumentar a octanagem do combustível. No Brasil a mistura de 20 a 25%

de álcool anidro na gasolina propiciou a eliminação do uso de chumbo²³, eliminado integralmente em 1991, sendo o país um dos pioneiros²⁴, conforme detalhado a seguir.

Até aproximadamente 1970 quase toda a gasolina utilizada internacionalmente continha chumbo. Desde o início dos anos 70 tem havido um movimento para retirada do chumbo do combustível, gerado em parte pelas preocupações com relação aos seus efeitos na saúde humana²⁵ e por outro lado pela necessidade da utilização de catalisadores para controle das emissões de poluentes veiculares. Assim muitos países eliminaram completamente o uso do chumbo na gasolina, conforme apresentado na TABELA 7. Pode-se observar que, com exceção do Japão, o Brasil eliminou o uso do chumbo anteriormente aos países apresentados nesta tabela, devido à adição de álcool anidro a gasolina.

TABELA 7 - Alguns países que eliminaram o chumbo tetraetila e o ano da resolução

País	Ano
Áustria	1993
Alemanha	1996
Dinamarca	1995
Eslováquia	1994
Japão	1980
Canadá	1993
Suécia	1995
Estados Unidos	1996

Fonte: UNEP (1999).

²³ No Brasil é adicionado de 20 a 25% de álcool anidro a gasolina, mas uma adição de 10% é suficiente para possibilitar a retirada do chumbo da gasolina.

²⁴ A Petrobras apresentou 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, com base na 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 e adição de álcool à gasolina. Para viabilizar essa ação na Refinaria de Manguinhos (independente), a Petrobras estabeleceu um compromisso de fornecer nafta craqueada em troca de nafta de destilação direta, que então seria utilizada pela indústria petroquímica. Os outros países, como, por exemplo, os Estados Unidos, utilizam um composto conhecido como MTB (metilbutilpropílico) e metanol no lugar do chumbo.

²⁵ O chumbo afeta a saúde humana de diversas formas, como, por exemplo, alterações no nível de algumas enzimas, problemas nos rins e efeitos carcinogênicos, entre outros.

Mesmo com a evolução tecnológica dos veículos leves, a poluição do ar de origem veicular ainda continua sendo um problema sério em muitas regiões. Dentre diversos motivos pode-se destacar²⁶ (Szwarc, A, 2001):

- Aumento significativo da frota de veículos e de sua utilização;
- Consumo elevado de combustíveis devido aos seus baixos preços em alguns países, às características dos veículos e às condições de 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;
- 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 popularizar e incentivar o uso do transporte público, contendo o crescimento do uso de automóveis como forma de transporte individual.

A seguir é apresentado o histórico da regulamentação das emissões desses veículos a nível internacional e a experiência brasileira (o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores), que contribuíram para a evolução tecnológica dos

²⁶ Alguns dos motivos descritos podem ser solucionados com a implantação de programas de inspeção e manutenção veicular e programas de renovação acelerada da frota, os quais são objetos deste estudo.

veículos leves, apresentada nessa Seção, propiciando uma redução das emissões por veículo. Posteriormente, devido às características particulares da frota brasileira de veículos leves, o uso do álcool combustível e do gás natural veicular são detalhados.

2.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL DE REGULAMENTAÇÃO DAS EMISSÕES DE VEÍCULOS LEVES

Devido ao problema da poluição atmosférica gerada pelas emissões veiculares, uma legislação destinada ao controle dessas emissões começou a ser estabelecida nos países industrializados. A Califórnia, nos EUA, na década de 50, foi pioneira, promulgando a primeira legislação destinada especialmente a controlar a emissão de poluentes atmosféricos originada de 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. A partir daí diversas medidas de controle de emissões veiculares têm sido implantadas em várias regiões e países.

Em 1970, os EUA publicaram o “*Clean Air Act*”, elaborando uma agenda para identificação de áreas cuja qualidade do ar estava deteriorada, identificando instituições responsáveis para a promoção da melhoria da qualidade do ar e promovendo a implantação de uma ampla legislação voltada para a redução da poluição atmosférica. Em 1990 foram estabelecidas diversas emendas ao “*Clean Air Act*”, que atualizaram e incluíram novos limites e programas de redução de emissões (EPA, 2004).

Vários outros países estabeleceram, nas décadas de 60 e 70, legislações e medidas regulamentando o controle de emissões veiculares, através de limites de emissão, como por exemplo, o Japão, os países da Comunidade Econômica Européia, Suécia, Canadá, Reino Unido, Austrália e Finlândia.

Assim, gradativamente, as indústrias automobilísticas e de petróleo estabelecidas nesses países começaram a produzir veículos e combustíveis cada vez 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

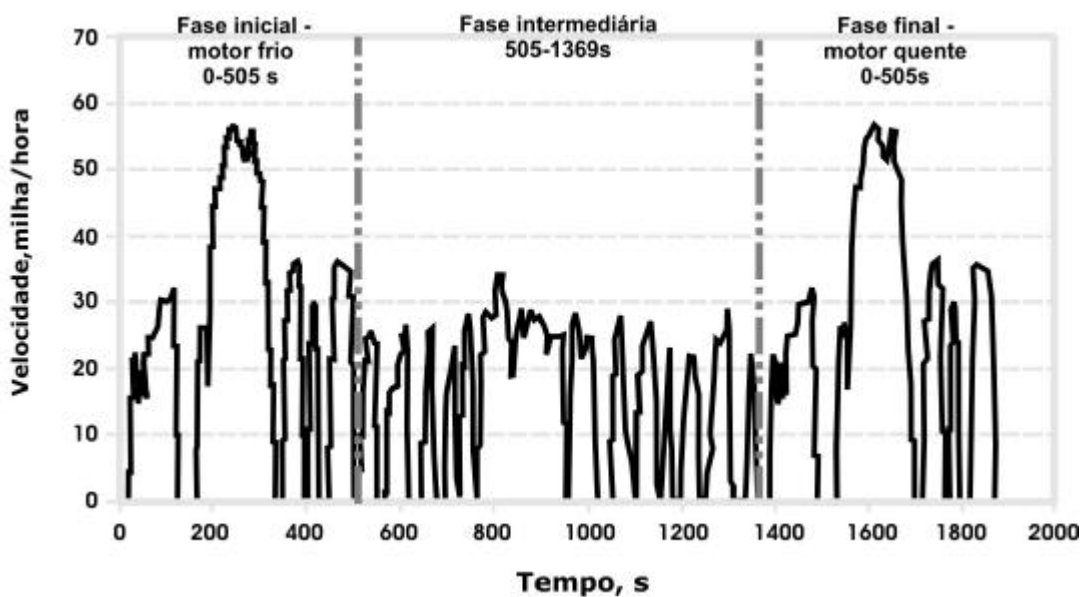
conceitos de desenvolvimento econômico e social, em que a preservação da qualidade ambiental passava a assumir posição de destaque. A seguir é detalhada a regulamentação dos Estados Unidos, da Europa e do Brasil.

2.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Os limites de emissão veicular norte-americano foram responsáveis por reduções significativas das emissões veiculares, estimulando a evolução tecnológica dos veículos para atenderem aos padrões de emissão e servindo de exemplo para regulamentações de diversos países (por exemplo, o Brasil, que será detalhado posteriormente).

As emissões dos veículos leves são medidas em um teste denominado de FTP 75 e expressos em g/milha. O “*Federal Test Procedure*” - FTP é o método de teste de laboratório padronizado, utilizado nos EUA e no Canadá, para testar emissões de veículos novos na homologação de protótipos. O teste utiliza dinamômetros, nos quais os veículos são dirigidos por motorista treinado em ciclos de direção representando condições diferentes de direção do veículo. A FIGURA 2 apresenta o ciclo de direção FTP-75.

FIGURA 2 – Ciclo de Direção FTP-75



Fonte: EPA (2000).

Em 1987 foram implantados nos EUA padrões de emissão denominados Tier 0. Mais recentemente, em 1990 (*Clean Air Act Amendments – CAAA*) dois conjuntos de padrões foram definidos para os veículos leves: Tier 1 e Tier 2. A regulamentação Tier 1 foi publicada em 1991 e implementada de 1994 a 1997. Os padrões de emissão Tier 2 foram adotados em dezembro de 1999 para estarem em vigor em 2004.

Os padrões de emissão Tier 1 são adotados para toda uma vida-útil de 100.000 milhas do veículo (aproximadamente 160.900 km). A regulamentação também define padrões intermediários de emissão para um período de 50.000 milhas (aproximadamente 80.000km). Os limites estiveram em vigor para veículos até ano-modelo 2003.

Os padrões de emissão Tier 2 são aplicados de forma diferente dos anteriores. Os mesmos limites são determinados para todas as categorias de veículos, com exceção dos caminhões e outros veículos pesados. Os limites de emissão são divididos em oito níveis de diferentes graus de severidade para fins de homologação, denominados “*certification bins*”. Além disso, um padrão médio de emissões de NOx foi determinado. As montadoras devem escolher para a homologação de seus veículos qualquer um dos oito níveis de padrão de emissão. E a frota a ser vendida por cada montadora deverá atender em média o padrão de emissão de NOx de 0,04g/km. Outra mudança importante foi a extensão da vida-útil do veículo para 120.000 milhas (aproximadamente 193.000 km)²⁷.

A TABELA 8 apresenta a evolução dos padrões de emissão para veículos leves de passageiros.

²⁷ Os padrões norte-americanos Tier 0, Tier 1 e Tier 2 se referem aos padrões federais do país. Existem, também, outras regulamentações específicas, como os padrões de emissão veicular da Califórnia (onde existe o programa de veículos de baixa emissão – *Califórnia Low Emission Program*) e o “*Nacional Low Emission Vehicle Program - NLEV*”, que é um programa voluntário implementado em 1998 através de um acordo dos estados do nordeste dos EUA e das montadoras, promovendo padrões mais severos de emissão para um percentual da frota para a fase de transição da implantação dos limites Tier 2.

TABELA 8 – Padrões de emissão para veículos leves de passageiros - EUA (g/km)

Ano	50,000 milhas/5 anos					100,000 milhas/10 anos e 120,000 milhas para Tier 2				
	HC	HC não metano	CO	NOx	PM	HC	HC não metano	CO	NOx ²	PM
Tier 0 1987-93	0,25	0,21	2,11	0,62	0,13 ¹	-	-	-	-	-
Tier 1 1994-97	0,25	0,16	2,11	0,25	0,05	-	0,19	2,61	0,37	0,06
Tier 2 2004-2009 <i>Bins</i>										
8	-	0,06	2,11	0,09	-	-	0,08	2,61	0,12	0,01
7	-	0,05	2,11	0,07	-	-	0,06	2,61	0,09	0,01
6	-	0,05	2,11	0,05	-	-	0,06	2,61	0,06	0,01
5	-	0,05	2,11	0,03	-	-	0,06	2,61	0,04	0,01
4	-	-	-	-	-	-	0,04	1,31	0,02	0,01
3	-	-	-	-	-	-	0,03	1,31	0,02	0,01
2	-	-	-	-	-	-	0,01	1,31	0,01	0,01
1	-	-	-	-	-	-	0,00	0,0	0,0	0,00

Fonte: EPA (2000).

1 Veículos diesel

2 A média para a frota por montadora é de 0.04 g/km

O modelo norte-americano de regulamentação das emissões veiculares foi tido como exemplo para diversos países, incluindo o PROCONVE, no Brasil. Os limites de emissão do PROCONVE de 1997, por exemplo, foram inspirados nos limites norte-americanos de 1987 (Tier Zero)²⁸, generalizando nos veículos comercializados a solução técnica da ignição/injeção eletrônicas, catalisador de três vias e sonda de oxigênio, para possibilitar o controle preciso da riqueza da mistura ar/combustível.

Além de legislação regulamentando limites de emissões veiculares de poluentes locais foram, também, implantadas nos EUA regulamentações voltadas para a eficiência no consumo de combustível. Em 1975 o Programa CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) foi implantado como resposta à crise de oferta de combustíveis associada ao primeiro choque do petróleo, determinando padrões de eficiência no uso do combustível para veículos. Os fabricantes de veículos podem obter créditos se excederem os padrões do CAFE, que podem ser compensados nos próximos modelos. Desde 1996 os padrões não são atualizados.

²⁸ Detalhes sobre o PROCONVE são apresentados posteriormente na Seção 2.3

Os limites do CAFE são aplicados para todos os modelos de veículos automotores com massa até 3.855 kg, embora com metas diferenciadas para automóveis de passeio e veículos comerciais. A TABELA 9 apresenta a evolução dos padrões utilizados nos EUA.

TABELA 9 - Evolução dos padrões de eficiência dos EUA (km/l)

Ano-modelo	Automóveis	Comerciais Leves		
		Tração em um único eixo	Tração nas quatro rodas	Combinado
1978	7,7			
1979	8,1	7,3	6,7	-
1981	8,5	6,8	6,0	-
1980	9,4	7,1	6,4	-
1982	11,1	7,7	6,8	7,4
1983	11,5	8,3	7,4	8,1
1984	11,7	8,6	7,9	8,5
1985	11,1	8,4	8,0	8,3
1986	11,1	8,7	8,3	8,5
1987	11,1	8,9	8,3	8,7
1988	11,3	8,9	8,3	8,7
1989	11,7	9,1	8,1	8,7
1990	11,7	8,7	8,1	8,5
1991	11,7	8,8	8,1	8,6
1992	11,7	-	-	8,6
1993	11,7	-	-	8,7
1994	11,7	-	-	8,7
1995	11,7	-	-	8,8
1996	11,7	-	-	8,8
1997	11,7	-	-	8,8
1998	11,7	-	-	8,8
1999	11,7	-	-	8,8
2000	11,7	-	-	8,8
2001	11,7	-	-	8,8
2002	11,7	-	-	8,8
2003	11,7	-	-	8,8
2004	11,7	-	-	8,8

Fonte: EPA

Cabe ressaltar que os consumidores americanos têm preferido automóveis cada vez maiores e mais pesados (embora menos eficientes). Está ocorrendo uma expansão significativa das vendas de veículos comerciais leves (pick-ups, mini vans, suvs - *sport*

utility vehicle) - que precisam atender a padrões de eficiência menos restritivos, conforme pode ser observado na TABELA 9. O segmento desses veículos representa atualmente 56% dos registros efetivados nos EUA em 2003, segundo a associação das montadoras de veículos norte-americanas - Alliance of Automobile Manufacturers (AAM, 2003)²⁹.

²⁹ Além disso, cabe ressaltar que o aumento de alguns acessórios nos veículos pode gerar aumento do consumo de combustível, com destaque para o ar-condicionado, que pode compensar a economia do combustível ocasionado pela ignição/injeção eletrônica e por carros de 1000 cilindradas.

2.2.2. EUROPA

A Diretiva 70/220/EEC, de 1970, foi a primeira em estabelecer limites europeus para emissão veicular. A partir de então limites cada vez mais severos foram estabelecidos. O processo de regulamentação de emissões na Europa acelerou-se junto com a construção da União Européia. Em 1989 a União Européia impôs padrões a serem implantados em 1992 (Euro 1 – Diretiva 91/441/EEC), que generalizou a utilização de sistemas de controle de emissões avançados, baseados na utilização de catalisadores de três vias. Em 1996 foi implantada a Diretiva 94/12/EC, também conhecida como Euro 2. Os padrões de emissão Euro 3 e Euro 4 foram definidos na Diretiva 98/69/EC. A TABELA 10 apresenta a evolução dos padrões de emissão veicular da Europa para veículos leves de passageiros.

TABELA 10 - Padrões de emissão para veículos leves de passageiro – Europa (g/km)

	Ano	CO	HC	NOx
Euro 1	1992	2,72	-	-
Euro 2	1996	2,20	-	-
Euro 3	2000	2,30	0,20	0,15
Euro 4	2005	1,00	0,10	0,08

Fonte: European Union (2004)

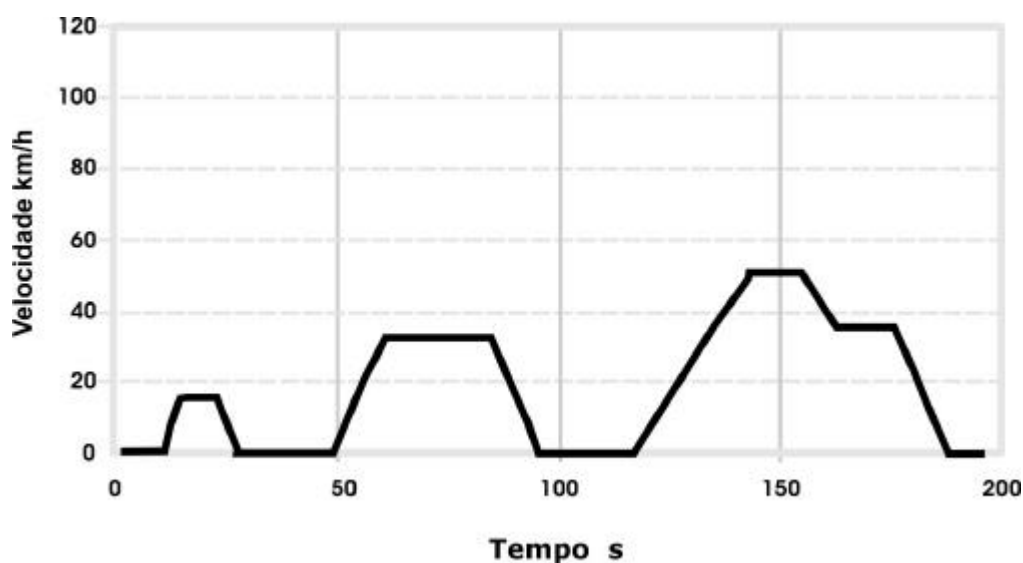
A vida-útil do veículo para o propósito da regulamentação das emissões é de 80.000 km ou 5 anos de uso (o que ocorrer primeiro) para os padrões Euro 3 e de 100.000 km ou 5 anos para os padrões Euro 4.

Cabe acrescentar que a Comissão Européia elaborou em 1993 o princípio do programa Auto/Oil para obter subsídios técnicos para o controle de emissões veiculares, com a colaboração das indústrias automobilística e do petróleo. Este programa estudou tanto o aspecto da tecnologia do veículo, quanto o da qualidade dos

combustíveis comerciais. O Programa Auto/Oil I foi elaborado de 1995 a 1998 e o Auto/Oil II, de 1998 a 2001, e definiram as bases técnicas para as etapas Euro 3 e Euro 4 da regulamentação europeia de emissões³⁰.

As emissões dos veículos leves são medidas em dois testes em dinamômetros, diferente do teste FTP-75 realizado nos EUA, denominados ECE 15 e EUDC, e expressos em g/km. O teste ECE é um ciclo urbano de direção e foi elaborado para representar as condições de direção de cidades como Paris e Roma, com velocidade baixa dos veículos. O ciclo EUDC (*“Extra Urban Driving Cycle”*) foi adicionado ao teste ECE para formas mais agressivas de direção com velocidades mais altas. As Figuras 3 e 4 apresentam esses ciclos.

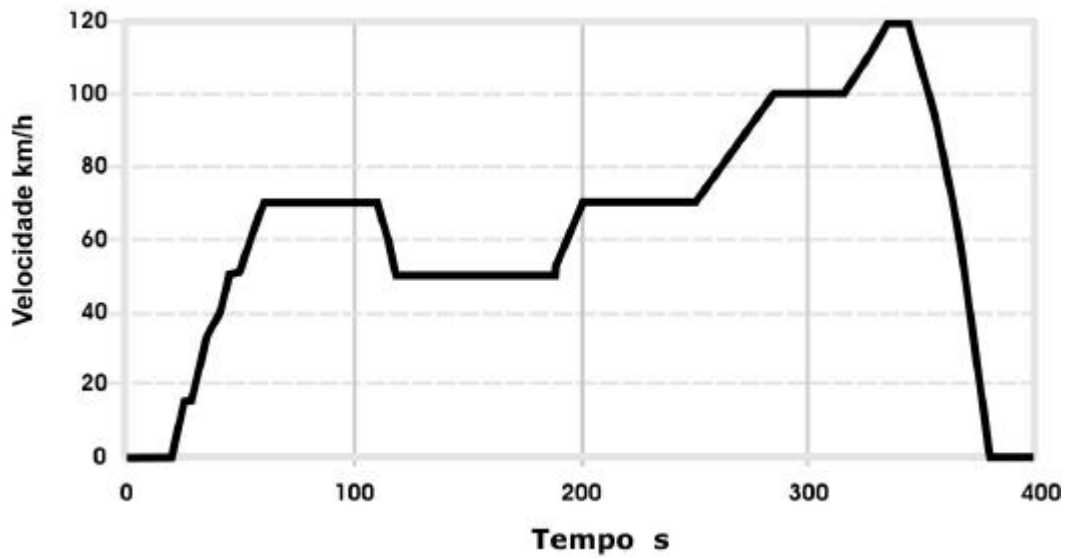
FIGURA 3 – Ciclo de Direção ECE



Fonte: European Union in Dieselnets (2004)

³⁰ Os Programas Auto-Oil I e II objetivaram a realização de estudos com os diversos agentes do setor veicular para elaborar padrões de emissão e qualidade de combustíveis, incluindo estudos sobre impactos das emissões na qualidade do ar, emissões de escapamento, interação entre combustíveis e veículos, otimização de custo-benefício, especificação de combustíveis, políticas de controle de emissões etc (Comissão Europeia, 2003).

FIGURA 4 - Ciclo de Direção EUDC



Fonte: European Union in Dieselnets (2004)

Além de legislação regulamentando limites de emissões veiculares de poluentes locais a Europa implantou regulamentações voltadas para a redução de emissões de CO₂. A Associação Européia de Fabricantes de Automóveis – ACEA propôs um acordo voluntário para a redução de emissão de CO₂ de veículos leves de passageiros, que é função do consumo de combustível. Esse acordo objetiva uma emissão coletiva de 140 gCO₂/ km até 2008 dos veículos novos comercializados em países da União Européia, as quais necessitariam de uma melhoria da eficiência em, aproximadamente, 33%. (Plotkin, 2001).

2.3. A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA – O PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCONVE

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 Ringelmann³¹ 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.

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 definido como limite de emissão o padrão nº 2, admitindo-se, para localidades com altitude superiores a 500 metros, o padrão nº 3.

Foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA, por meio do Decreto nº 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

³¹ 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.

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. 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.

As primeiras discussões sobre a necessidade da implantação de um programa nacional de controle de emissões veiculares ocorreram no país em 1977. Em 1981 foi elaborada a Norma NBR 6601 - Análise dos Gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina, 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.

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). 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”.

Nessa época, evidenciou-se 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. 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.

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 ar³².

Essa proposta foi aprovada por meio da Resolução n.º 18/1986, instituindo-se, então, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, baseado na regulamentação norte-americana. Os limites máximos de emissão de poluentes foram, então, fixados, com um cronograma específico para três categorias distintas de veículos automotores: "Veículo Leve de Passageiros" (automóveis); "Veículo Leve Comercial" (picapes, vans, utilitários, etc.) e "Veículo Pesado" (ônibus e caminhões).

Em 1989 foi criado pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro, 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 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, Conselho Nacional do Petróleo - CNP, Departamento Nacional de Combustíveis – DNC (que substituiu o extinto CNP e que em 1998 foi substituído pela Agência Nacional do Petróleo) e por Portarias do IBAMA.

Em 1993, o PROCONVE teve o seu suporte legal reforçado pela promulgação da Lei nº 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

³² Branco & Szwarc (1987)

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, como a implantação de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso nos grandes centros urbanos.

O PROCONVE, segundo o, 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 Programa 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”.

Todos os novos modelos de veículos e motores nacionais e importados são submetidos obrigatoriamente à homologação quanto à emissão de poluentes. Para tal, são analisados os parâmetros de engenharia do motor e do veículo relevantes à emissão de poluentes, sendo também submetidos a ensaios de laboratório, onde as emissões reais são quantificadas e comparadas aos limites máximos em vigor.

O PROCONVE foi concebido com base nos seguintes procedimentos, que tem norteado o seu desenvolvimento (Szwarc, A in La Rovere, *et al*, 2002).

Foram adotados 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), foram adotados os procedimentos norte-americanos de ensaio do veículo para medição dos gases de escapamento (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 (FTP-75) consta de uma simulação de trânsito urbano do veículo e amostragem contínua da medição de CO, HC, NOx e dióxido de carbono (CO₂). Utiliza-se para tanto um dinamômetro de chassi 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. 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.

Para os veículos pesados 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 chassis 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.

Foram adotados 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.

O PROCONVE, também, é responsável pela:

- 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.
- 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 aos cumprimentos 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.

A TABELA 11 apresenta a evolução dos limites de emissão estabelecidos pelo PROCONVE.

TABELA 11 - Limites máximos de emissão para veículos leves novos¹

ANO	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO ² (g/km)	EVAP. ³ (g/teste) ⁴	CÁRTER
89 – 91	24	2,1	2	--	6	nula
92 - 96 ⁶	24	2,1	2	0,15	6	nula
92 – 93	12	1,2	1,4	0,15	6	nula
Mar/94 ³	12	1,2	1,4	0,15	6	nula
Jan/97	2	0,3	0,6	0,03	6	nula
mai/03	2	0,30	0,6	0,03	2	nula
jan/05 (40%)	2	0,16 ⁴	0,25 ⁶	0,03	2	nula
jan/06 (70%)	2	ou	ou	0,03	2	nula
jan/09 (100%)	2	0,30 ⁵	0,60 ⁷	0,03	2	nula
jan/09	2	0,05 ⁴ ou	0,12 ⁶ ou	0,02	2	nula
jan/09	2	0,30 ⁵	0,25 ⁷	0,02	2	nula

Fonte: CETESB, 2003

1 - Medições de acordo com a NBR6601 (US-FTP75), e conforme as Resoluções CONAMA n° 15/95 e n° 315/02.

2 - Aldeídos totais de acordo com a NBR 12026.

3 - Apenas para veículos do ciclo Otto, exceto a GNV.

4 – Hidrocarbonetos não metano (NMHC).

5 – Hidrocarbonetos totais somente para veículos a GNV, que também atendem ao item (4).

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

7 – Apenas para veículos do ciclo diesel

A evolução tecnológica dos veículos, conforme apresentado anteriormente, propiciou o atendimento dos limites de emissão, cada vez mais restritivos. O PROCONVE, então, foi responsável por grande parte da redução das emissões veiculares até o momento e pode-se afirmar que uma parcela importante dos ganhos esperados do Programa ainda está por vir, com o sucateamento natural dos veículos antigos. Os veículos antigos são responsáveis por uma parte significativa das emissões. Apesar da frota

total estar crescendo, as emissões reduzem-se em função da entrada de veículos mais novos em circulação³³.

³³ Resultados da redução das emissões oriundas da implantação do PROCONVE, assim como o perfil da frota são apresentados no Capítulo 6.

2.4. ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

Historicamente a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. Do seu processo de industrialização obtém-se como produtos o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado), o vinhoto e o bagaço da cana-de-açúcar.

O etanol, derivado da cana-de-açúcar, tem sido usado como combustível em motores desde 1903, quando o Primeiro Congresso Nacional sobre Aplicações Industriais do Álcool propôs que fosse estabelecida uma infra-estrutura para promover a produção e o uso do combustível. Durante a Primeira Guerra Mundial, o uso do álcool foi compulsório em muitas áreas do país.

Bem antes da implantação do Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL, a primeira política oficial do álcool foi estabelecida em 1931, quando um Decreto Federal determinou a adição de 5% de álcool etílico anidro combustível – AEAC em toda gasolina comercializada em território brasileiro e estabeleceu diretrizes para o transporte e a comercialização do combustível. Esta percentagem variou ao longo dos anos, até hoje, devido a alterações promovidas nas diretrizes políticas energéticas e, também, em função dos preços do açúcar e do álcool no mercado externo. Em 1966 a legislação foi modificada elevando o limite da adição do álcool de 5 para 10%.

A partir de 1970, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo – OPEP passa a impor os preços do barril de petróleo devido a sua participação majoritária na oferta de petróleo a nível mundial. Ao fim da guerra árabe-israelense, em 1973, o preço do barril de petróleo, que custava, aproximadamente, dois dólares, passa a valer onze dólares e sessenta e cinco cents. É o primeiro choque do petróleo. Por força da crise, diversos países começaram a investir em outras fontes de energia.

A decisão de se utilizar cana-de-açúcar para produzir etanol em adição à produção de açúcar foi tanto econômica quanto política e envolveu investimentos adicionais. Tal decisão foi tomada no Brasil em 1975, quando o Governo Federal decidiu encorajar a produção de álcool para substituição da gasolina com o objetivo de reduzir as importações de petróleo, muito custosos no período. Além disso, no momento os preços internacionais do açúcar estavam em declínio, o que tornou a troca para a produção de álcool ainda mais vantajosa. A utilização do etanol como combustível em veículos leves decorreu, então, da necessidade estratégica de reduzir a dependência do país da importação de petróleo, reduzir o déficit da balança comercial, no contexto do primeiro choque do petróleo. A combinação de todos esses fatores conduziu à criação do PROÁLCOOL em 1975, cujo objetivo era substituir gasolina por álcool combustível proveniente da cana-de-açúcar³⁴, seja através da intensificação da adição do álcool anidro a gasolina, seja através da substituição da gasolina por álcool hidratado em motores dedicados ao combustível.

Entre 1975 e 1985 a produção da cana-de-açúcar aumentou e o álcool se tornou um importante combustível no País. Na fase inicial do Programa, houve a continuação da adição de álcool anidro à gasolina, com o objetivo de substituir de 20 a 25% da gasolina consumida no País por álcool. Tal mistura apresentava as seguintes vantagens: aumentaria a octanagem da gasolina e possibilitaria a eliminação do uso de chumbo tetraetila, que foi eliminado integralmente em 1991, conforme apresentado anteriormente.

Uma nova fase do PROÁLCOOL nasceu com o segundo choque do petróleo, em 1979. Desde o início da década de 1980 os fabricantes de veículos produzem automóveis movidos exclusivamente a álcool hidratado. Em meados dessa década, no auge do PROÁLCOOL, mais de 90% do total das vendas de automóveis era composto por veículos movidos exclusivamente a álcool combustível.

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. A atratividade da produção de etanol foi muito reduzida. No final da década de 80, o Programa foi bastante atingido por uma redução na safra de cana-de-açúcar que,

³⁴ No início foi cogitada também a fabricação de etanol a partir da mandioca e/ou sorgo.

aliada ao excesso de automóveis 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. No auge do PROÁLCOOL, em meados da década de 80, os veículos representavam aproximadamente 90% das vendas de automóveis novos no Brasil. Após o declínio do Programa, em 1990 representavam somente 13% das vendas, aproximadamente. Em 2001 caíram para 1,27% (ANFAVEA, 2003).

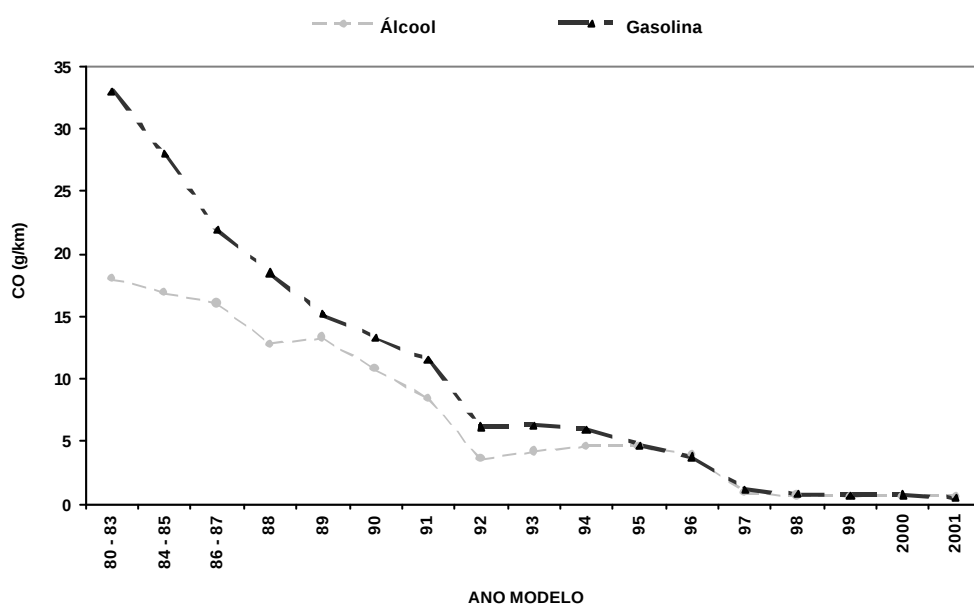
Devido a esses problemas, o percentual do álcool anidro na gasolina sofreu algumas variações em função da redução da demanda por álcool hidratado, do aumento da demanda por álcool anidro e às variações dos preços do açúcar no mercado internacional. Assim, em 1993, o teor de álcool anidro na gasolina 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 seria de vinte e dois por cento. Cabe ressaltar que a adição de até 22% de álcool à gasolina foi efetuada sem a necessidade de modificações no motor. O percentual de adição atual é de 25%.

Durante a década de 90, o PROALCOOL foi posto em discussão pela sociedade. A anterior fabricação desenfreada de carros a álcool, aliada ao fato de que a produção nacional deste combustível não conseguiu 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 frota, então, começou a se reduzir substancialmente devido ao sucateamento natural dos veículos mais antigos, que não estão sendo repostos por veículos novos. Mesmo assim o Brasil é um dos poucos países que uma parcela da frota não é dependente de petróleo.

Por razões de mercado, então, 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.

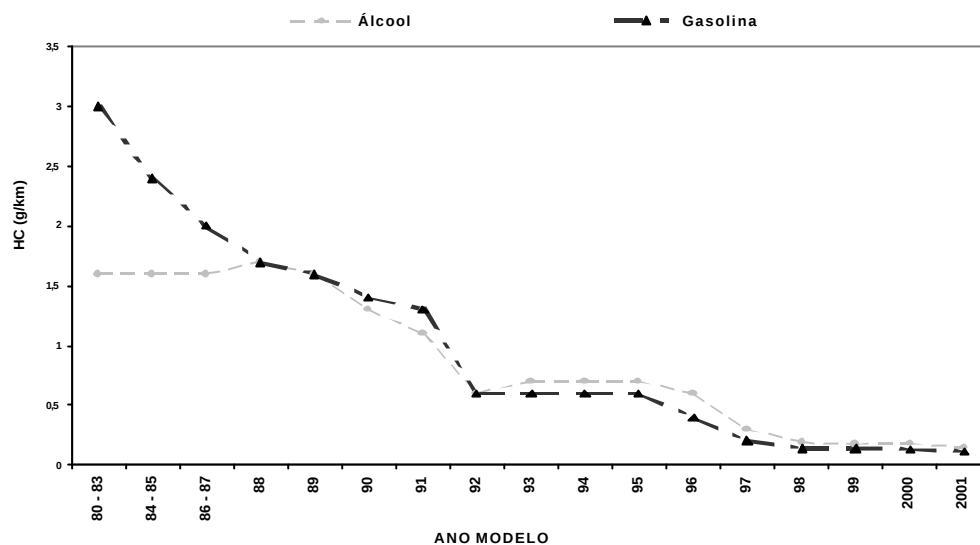
No início do PROÁLCOOL, os veículos movidos a álcool emitiam menos poluentes do que os veículos a gasolina, com destaque para o CO. Entretanto essa vantagem foi se perdendo ao longo do tempo devido ao desenvolvimento tecnológico dos veículos a gasolina, que emitem cada vez menos. O fato de os veículos a álcool terem historicamente apresentado níveis de emissão mais baixos que os veículos a gasolina foi de grande importância, especialmente nos grandes centros urbanos, pois evitou que os níveis de concentração ambiente de poluentes atingissem níveis ainda mais elevados que os então observados. As Figuras 5, 6 e 7 apresentam a evolução dos fatores de emissão dos veículos a álcool e gasolina dos poluentes CO, HC e NOx.

Figura 5: Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -CO



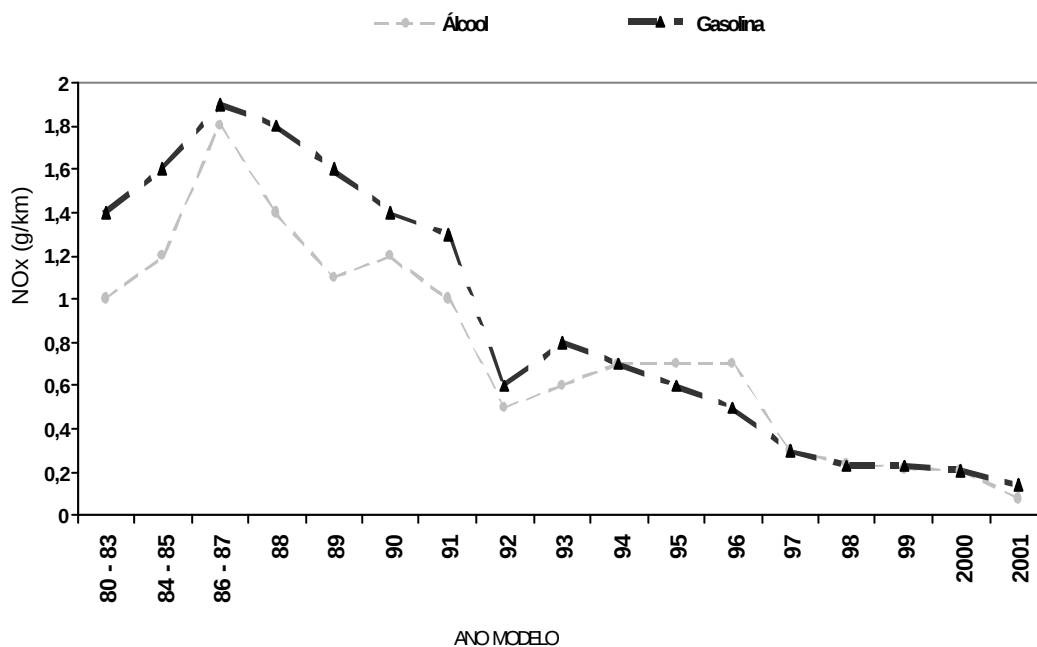
Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2003).

FIGURA 6 - Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -HC



Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2003).

FIGURA 7 - Comparação entre os fatores de emissão dos veículos movidos a álcool e gasolina -NOx



Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2003).

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 (Szwarc, 2001):

- 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.
- 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 neutro³⁵, 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 do uso do álcool combustível contribuiria para mitigar o aumento do efeito estufa³⁶. Devido a este fato o álcool tem tido seu reconhecimento na comunidade internacional como uma das possíveis soluções aos problemas ambientais destacando-se como um dos candidatos a ser apoiados com políticas de financiamento (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL), segundo estabelecido no Protocolo de Quioto³⁷. Além disso, o mercado exportador de álcool brasileiro

³⁵ É importante ressaltar que não se considera zero emissão de CO₂ devido ao fato de na cadeia de produção sempre ocorrer alguma emissão, como por exemplo, através do uso de máquinas agrícolas movidas a óleo diesel nas plantações de cana-de-açúcar, na queima da cana-de-açúcar nas plantações antes da colheita, quando o bagaço da cana é queimado em boilers, no processo de fermentação e na queima propriamente dita do álcool combustível nos veículos. Segundo Macedo (1991), 5,4 kg de carbono de origem fóssil são emitidos por cada tonelada de cana-de-açúcar produzida.

³⁶ Ribeiro, 1997.

³⁷ O protocolo de Quioto determina que países do Anexo 1 (países industrializados) reduzam em média 5% as emissões de gases de efeito estufa em relação às suas emissões de 1997, entre 2008 e 2012. O MDL (Mecanismo de desenvolvimento limpo) incorporado ao protocolo de Quioto permite que os países

está crescendo devido ao interesse de diversos países (por exemplo, o Japão) de adicionar álcool anidro na gasolina, contribuindo para a redução de emissões de GEE nesses países.

A partir de 2002 foi iniciada a comercialização no país de veículos com motores capazes de empregar tanto álcool hidratado quanto gasolina em qualquer proporção, tendo o motorista a flexibilidade na opção do abastecimento do combustível. 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 dos dois combustíveis³⁸.

Embora a tecnologia fosse conhecida e testada em protótipos pelas montadoras há alguns anos (desde meados da década de 90), somente a partir 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 IPI – imposto sobre produtos industrializados - àquelas praticadas para os carros exclusivamente a álcool, conforme apresentado na TABELA 12³⁹.

do Anexo 1 (países industrializados) financiem ou adquiram certificados de redução de emissões resultantes de projetos realizados nos países não-Anexo 1 (países em vias de desenvolvimento), abatendo essas reduções de suas metas de emissão (<http://www.mct.gov.br/clima>).

³⁸ A tecnologia conhecida como "Flex-Fuel" nasceu de pesquisas realizadas nos Estados Unidos, Europa e Japão no final da década de 80. Buscava-se uma solução para o problema de falta de infra-estrutura de distribuição e abastecimento para o uso de metanol e etanol, que inviabilizava o uso e expansão desses combustíveis. Nos EUA essa tecnologia existe desde 1992 e, aproximadamente, mais de três milhões de veículos circulam com essa tecnologia (Szwarc, 2003). A diferença entre a tecnologia brasileira e a norte americana é que a primeira permite um uso de até 100% de álcool combustível no veículo – E100 (tecnologia desenvolvida com base na tradição de uso do combustível no país) e a norte americana permite um conteúdo máximo de 85% de álcool – E85.

³⁹ Historicamente o IPI dos automóveis de 1000cc são menores do que dos outros tipos de veículos devido ao interesse do governo de estimular a venda dos carros "populares". Este fato gerou uma demanda bastante significativa para os veículos desse tipo. No ano 1999, 2000 e 2001, por exemplo, o IPI desses veículos era de 10% e dos veículos com cilindrada maior que 1.000 era de 25% para os veículos a gasolina e 20% para os veículos a álcool. Atualmente essa diferença foi reduzida.

TABELA 12 – Alíquotas de IPI dos automóveis (%)

ANO	TRIBUTO	AUTOMÓVEIS				
		1000 cc	Acima de 1000 cc a 2000 cc		Acima de 2000 cc	
		Gasolina Álcool Flex fuel	Gasolina	Álcool Flex fuel	Gasolina	Álcool Flex fuel
2002/2003	IPI	9,0	15,0	13,0	25,0	20,0

Fonte: ANFAVEA, 2004.

As vendas desse tipo de veículo estão aumentando. A demanda permanece crescente, aumentando de 48.178 veículos flex fuel vendidos em 2003 para 119.925 nos primeiros seis meses de 2004. (ANFAVEA, 2004). Possivelmente no médio ou longo prazos todos os automóveis novos vendidos no Brasil sejam bi-combustíveis flex-fuel, podendo estimular uma grande retomada do PROÁLCOOL.

A homologação das configurações flex-fuel foi regulamentada pela Instrução Normativa do IBAMA nº 28 de 27/12/2002, a qual prevê que os fabricantes devem apresentar previamente dois resultados de ensaios de emissão de escapamento e evaporativa realizados com álcool etílico hidratado padrão, gasolina padrão (22% de álcool anidro) e uma mistura 50%-50% (V/V) de gasolina padrão e álcool hidratado. 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 Instrução Normativa implica que os veículos flex-fuel devem atender aos limites em vigor do PROCONVE utilizando tanto o álcool, gasolina, 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.

2.5. GÁS NATURAL VEICULAR - GNV

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, resultante da decomposição da matéria orgânica fóssil, atualmente encontrado em abundância na natureza, na maior parte das vezes associado ao petróleo, existindo também poços somente de gás (não associado). 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.

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 motor de combustão interna, movido com gás natural, apareceu no final do século XIX (1889), na Feira Mundial de Paris, mas o gás natural veicular passou a ser utilizado na maioria dos países que adotaram esse combustível somente quase um século depois.

O gás natural tem uma grande diversidade de aplicações industrial (utilizado como energético em máquinas industriais – ex. geração de vapor para movimentar turbinas – como 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, entre outras aplicações), comercial, residencial (nos fogões, aquecedores de água e, em países de clima frio, nos sistemas de calefação) e veicular. É também utilizado na recuperação secundária de campos petrolíferos - através de sua reinjeção.

A utilização do gás natural como combustível para veículos (conhecido como Gás Natural Veicular, GNV, ou Gás Metano Veicular, GMV) vem ganhando espaço crescente. A frota mundial está próxima de 3,5 milhões de veículos e tem crescido

significativamente a nível internacional (IANGV, 2004). No Brasil este número chega a 600.000 numa frota total de automóveis estimada em, aproximadamente, 23 milhões de veículos (Geipot, 2000).

A TABELA 13 apresenta estimativas da frota mundial de veículos movidos a GNV considerando somente os países com as maiores frotas.

TABELA 13 - Frota de Veículos a GNV dos principais países

País	Veículos	Ano dos dados
Argentina	1.243.024	Mar 04
Brasil	600.000	Out 03
Paquistão	540.000	Set 04
Itália	400.800	Out 03
Índia	159.159	Jul 03
EUA	130.000	Mai 03
China	69.300	Abr 03
Egito	52.000	Abr 04
Venezuela	50.000	Jan 04
Ucrânia	45.000	Dez 03
Rússia	36.000	Dez 03
Bangladesh	26.500	Mar 04
Canadá	20.505	Ago 01
Alemanha	19.400	Dez 03
Japão	18.463	Dez 03
Bolívia	15.486	Jul 03

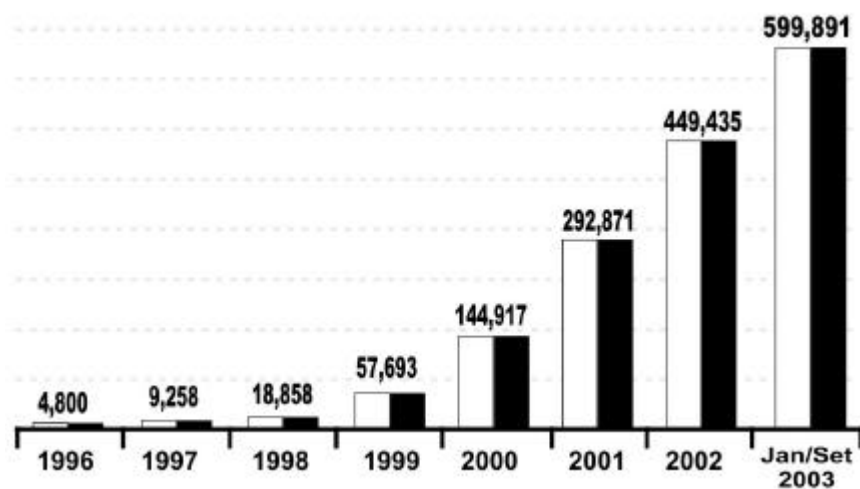
Fonte: IANGV (2004).

A Argentina é o país que possui a maior frota movida a GNV totalizando 1.243.024 veículos em março de 2004. O Brasil também possui uma das maiores frotas, aproximadamente 600.000 até 2003, seguido do Paquistão e da Itália, com frotas de

540.000 e 400.800, respectivamente. A Itália lidera na Europa como o país com maior utilização de GNV. A Alemanha vem desenvolvendo o seu mercado.

No Brasil a utilização de GNV vem crescendo, conforme apresentado na Figura 8 (veículos convertidos para GNV no Brasil) e Figura 9 (vendas de GNV nos municípios do Rio de Janeiro e de São Paulo).

FIGURA 8 – Evolução dos veículos convertidos para GNV no Brasil



Fonte: Gasbrasil (2004)

FIGURA 9 - Vendas de GNV nos municípios do Rio de Janeiro e São Paulo [m³]



Fonte: Elaboração própria com base em ANP (2001)

Cabe ressaltar, entretanto, que não existem dados oficiais sobre a conversão de automóveis movidos a GNV no Brasil. A desregulamentação da conversão nos primeiros anos, gerando a oferta de uma infinidade de pequenas oficinas de conversão (muitas vezes na informalidade), levou a um quadro de 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.

O Brasil e a Argentina estão entre os poucos países onde existe a figura dos convertedores⁴⁰. Na maior parte dos países, em especial países da Europa e nos Estados Unidos, os veículos são bi-combustíveis de fábrica e a conversão muitas vezes, é proibida por lei. Curiosamente, na Argentina, maior mercado de GNV internacionalmente, somente atualmente a indústria automobilística desperta interesse

⁴⁰ É comum, no caso do uso do GNV em motores concebidos para utilizar gasolina ou álcool hidratado, que se opere na forma "bicombustível", podendo-se utilizar tanto o GNV quanto o combustível original. Os veículos que possuem este tipo de adaptação podem ser fabricados desta forma, vindos da fábrica com essa possibilidade de escolha quanto ao combustível a ser utilizado, ou podem ser adaptados em oficinas credenciadas, onde sofrem um processo de conversão através da implantação de um kit de conversão. Atualmente no Brasil só é possível a aquisição de um modelo novo movido a GNV por encomenda. O mercado existente é composto por veículos convertidos em oficinas especializadas.

em produzir modelos bi-combustíveis de fábrica em larga escala. Nos EUA, onde existem cerca de 130.000 veículos movidos a gás natural, ou seja, um mercado muito menor, montadoras como a Honda, DaimlerChrysler, Ford, Toyota, dentre outras, oferecem modelos bi-combustíveis de diversos tipos - furgões, sedans, etc.

As grandes montadoras de veículos no Brasil ainda não produzem em escala comercial veículos bi-combustíveis a GNV, mesmo possuindo no exterior nas suas matrizes todo o desenvolvimento já realizado, fabricando inclusive diversos modelos⁴¹. Vários motivos possivelmente estão por trás deste fato, como por exemplo, indefinições quanto a preços futuros do combustível e o baixo custo das conversões mais simples em oficinas de conversão, conforme será detalhado posteriormente.

O GNV também pode ser usado na propulsão de veículos movidos a óleo diesel (motores que possuem ignição por compressão), quer na forma combinada, que utiliza tanto o gás quanto o diesel, ou substituindo o antigo motor movido a diesel por outro movido apenas a gás. Nestes casos, a conversão do veículo é bem mais complexa e custosa.

Segue a relação das peças que fazem parte do kit de conversão de veículos ciclo Otto e que são instaladas no veículo, possibilitando que o mesmo utilize tanto o GNV quanto o combustível original de fábrica (IANGV, 2000).

Kit básico para veículos carburados:

- Cilindro de alta pressão: tem a função de armazenar o GNV a 200 bar.
- Válvula do Cilindro: tem a função de reter o gás no cilindro e controlar sua saída através da conexão com a tubulação de alta pressão. Contém dois dispositivos de segurança, um que atua quando ocorre excesso de fluxo de gás, o outro que atua quando ocorre excesso de pressão no cilindro.

⁴¹ Possivelmente modelos de automóveis tri-combustíveis (álcool, gasolina e GNV) serão fabricados em escalas comerciais pelas montadoras do Brasil (atualmente existem protótipos), em função do aumento das vendas de veículos flex fuel movidos a gasolina e álcool.

- Tubulação de alta pressão: tudo de aço que promove a ligação do cilindro com a válvula de abastecimento e o redutor de pressão.
- Válvula de abastecimento: é uma válvula com múltiplas funções, pois além de permitir a transferência do GNV do dispenser⁴² para o cilindro, possibilita o corte do gás que segue para o redutor de pressão em caso de emergência ou manutenção, e impede que o gás retorne à sua fonte de abastecimento.
- Manômetro: instalado entre a válvula de abastecimento e o redutor de pressão, indica a pressão no cilindro, bem como o nível de gás em seu interior.
- Redutor: tem a função de reduzir a pressão contida no cilindro, de um valor de 200 bar até a pressão atmosférica. Essa operação é realizada através de três estágios de redução, pela diferença de pressão entre as câmaras do redutor.
- Misturador (ou mesclador): o bom funcionamento do veículo depende diretamente da aplicação do misturador correto para cada tipo de motor, evitando perda de potência e consumo excessivo de combustível, mantendo um ótimo regime de funcionamento tanto no GNV quanto no combustível original.
- Chave comutadora: comanda o funcionamento do veículo em GNV ou com o combustível original. Pode ser manual ou automática, além de poder ser acionada com o veículo em movimento, alternando os combustíveis.
- Eletroválvula: tem a função de abrir e fechar passagem de combustíveis líquidos. Possui sistema de fechamento manual em caso de emergência.

Kit básico para veículos com injeção eletrônica:

Com exceção da eletroválvula, todos os demais componentes se aplicam a veículos com injeção eletrônica de combustível. Além destes, são necessários os seguintes:

⁴² O ponto de abastecimento de GNV é conhecido como "dispenser" e funciona como se fosse uma bomba para abastecimento de combustíveis líquidos.

- Simulador de bico: interrompe o funcionamento dos bicos, evitando a entrada dos dois combustíveis, e envia o sinal compatível com o sistema original do veículo.
- Simulador de sonda lambda: simula o funcionamento original da sonda lambda, fornecendo o sinal que informa se a mistura ar/combustível está rica ou pobre para o módulo original de injeção.

Entretanto, alguns outros itens (além dos básicos já citados) são fundamentais e atualmente obrigatórios, como será detalhado posteriormente, para a obtenção de um melhor aproveitamento do GNV, aumentando seu rendimento e a economia de combustíveis, e reduzindo as emissões de gases:

- Variador de avanço: serve para avançar ou retardar a entrada da mistura ar/combustível conforme a carga do motor, evitando perda de potência e reduzindo o consumo de combustível, além de reduzir as emissões de gases.
- Módulo eletrônico (ou gerenciador eletrônico): tem a função principal de enriquecer ou empobrecer a mistura ar/combustível, através do gerenciamento dos sensores e atuadores.
- Motor de passo (ou atuador de linha): serve para enriquecer ou empobrecer a mistura ar/GNV quando recebe o sinal do módulo eletrônico ou da sonda lambda, mantendo o veículo com a mistura ideal, evitando o excesso de consumo e poluição.

A conversão de um motor a álcool hidratado para o GNV é mais eficiente do que a conversão de um motor a gasolina para o GNV, pois o álcool trabalha com taxas de compressão mais próximas do gás natural, melhorando o desempenho do motor.

O abastecimento dos veículos convertidos para uso de GNV é normalmente feito com o produto a alta pressão, aproximadamente 220 atmosferas. Os postos de serviço recebem o produto através da linha de abastecimento proveniente da concessionária de gás canalizado local, comprimem o GNV em instalações providas de compressores

e disponibilizam o produto para o usuário em “dispensers” similares a bombas de gasolina ou álcool hidratado.

Até o momento não são fabricados veículos novos movidos a GNV no Brasil, 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 perspectiva do uso do GNV no Brasil fica mais clara observando-se o cronograma das fases de utilização deste combustível no cenário nacional (Gasnet, 2003).

Primeira Fase - de 1980 ao final de 1991:

- Início das discussões para utilização do GNV como combustível;
- Criação de Comissões Governamentais para estudo da substituição do óleo diesel pelo GNV no transporte de cargas e de passageiros;
- Não se investia em conversão de frotas nem na construção de postos de serviços.

Segunda Fase - de 1992 a meados de 1994:

- Liberação do uso de GNV para taxistas e frotas de empresas;
- Inauguração do primeiro posto de serviço para venda de GNV para o público;
- Crescimento da demanda por GNV em função da viabilidade econômica do seu uso em táxis, acarretando falta de produto para abastecimento.

Terceira Fase – meados de 1994 ao final de 1996:

- O Plano Real propicia uma estabilização do preço dos combustíveis e a sensação para o usuário de que a economia oriunda do uso do GNV diminuía;
- Concessão de isenção de impostos para os taxistas que optassem pelo uso do GNV, acarretando uma grande renovação da frota de veículos;
- As montadoras não mantinham a garantia para veículos novos convertidos para o uso do GNV.

Quarta Fase – de 1997 até os dias atuais

- Liberação do uso de GNV para veículos particulares;
- Há uma maior percepção por parte dos usuários quanto às vantagens econômicas do uso do GNV como substituto da gasolina e do álcool hidratado;
- O crescimento do mercado de transportes autônomos e de frotistas alavanca a demanda de GNV;
- Um maior número de postos de serviços é oferecido ao público.

Devido aos recentes aumentos no preço dos combustíveis, o GNV tem encontrado espaço no mercado em virtude de seu baixo custo, principalmente através de conversões feitas em veículos originalmente movidos a gasolina ou álcool (motores de ciclo Otto), conforme apresentado anteriormente. Além disso, existem incentivos fiscais em alguns estados para veículos movidos a GNV e financiamento para a instalação dos kits de conversão. A TABELA 14 apresenta as alíquotas de IPVA (Imposto sobre veículos automotores) para veículos leves nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro considerando diferentes combustíveis. A alíquota incide sobre o valor de mercado do veículo.

TABELA 14: Alíquotas de IPVA

	São Paulo* (%)	Rio de Janeiro** (%)
Gasolina	4	4
GNV	3	1
Álcool	3	2

*Fonte: Secretaria de Fazenda do Estado de São Paulo

** Fonte: Secretaria de Estado da Receita do Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro há uma redução do IPVA de 75% do valor do imposto para veículos movidos a GNV em relação aos de gasolina e os veículos a álcool de 50%. Em São Paulo a redução do IPVA dos veículos movidos a álcool e GNV é de 25% em relação aos veículos a gasolina. Sobre os veículos flex-fuel (que podem utilizar tanto álcool quanto gasolina) incidem as mesmas alíquotas dos veículos movidos a álcool combustível.

Torna-se necessário encontrar soluções que minimizem os problemas técnicos e econômicos decorrentes das limitações inerentes ao gás natural e à forma de distribuí-lo. O gás natural ainda é restrito a poucas áreas do território nacional (ressalte-se que essa restrição está se reduzindo ao longo do tempo), em virtude da reduzida rede de gasodutos, e por ser um combustível de baixa densidade energética, requer armazenamento em pressões elevadas. São necessários altos investimentos na implantação das estações de compressão.

Um possível incremento para o aumento do mercado de GNV poderá ser, pelo menos por um período, o abastecimento com semi-reboque feixe, que levará o gás, já comprimido, até o posto revendedor⁴³. Este dispositivo pode ser utilizado para criar pontos de abastecimento em regiões que não dispõe de rede de gás natural e não existe a perspectiva de criar uma rede local no curto ou médio prazos. O uso de semi-reboque feixe se presta, por exemplo, para suprir uma necessidade emergencial de GNV em um ponto onde haverá uma ligação futura do produto, ou para suprir picos de demanda sazonais.

Cabe acrescentar que instrumentos de estímulo à continuada conversão de veículos para uso do GNV continuam sendo o diferencial favorável do preço na bomba em comparação com o álcool hidratado e à gasolina, o aumento da disponibilidade do gás natural nos postos de abastecimento, os incentivos fiscais (alíquota de IPVA) e custo da conversão.

Entretanto ainda persiste o problema das conversões, já que muitos kits de conversão e procedimentos que são utilizados possuem qualidade baixa, o que resulta em emissões mais elevadas de poluentes (além dos aspectos de segurança) como apresenta dados de estudo recente da CETESB (TABELA 15) . Como no Brasil grande parte das conversões utilizou o chamado kit básico, muitas vezes os veículos convertidos poluem mais após a conversão do que com o combustível original. Em outras palavras, o GNV é considerado um combustível mais limpo que os derivados líquidos de petróleo, contanto que seja utilizado de forma eficiente, com conversões e kits de boa qualidade, caso contrário o combustível perde muito de suas qualidades.

TABELA 15 - Valores de emissão de veículos em uso da Fase III do PROCONVE convertidos para o gás natural veicular (g/km)

ANO	STATUS		CO	HC	NOx	CO ₂
2002 [*]	Antes conversão	GASOLINA C	1,16	0,13	0,24	200
2002 [*]	Após conversão	GNV	0,80	0,44	0,90	159
		GASOLINA C	3,95	0,24	0,20	199

Fonte: CETESB (2003)

* Valores típicos de 21 fabricantes de kits para conversão. Após a conversão, apenas 4 fabricantes atendiam aos limites do PROCONVE.

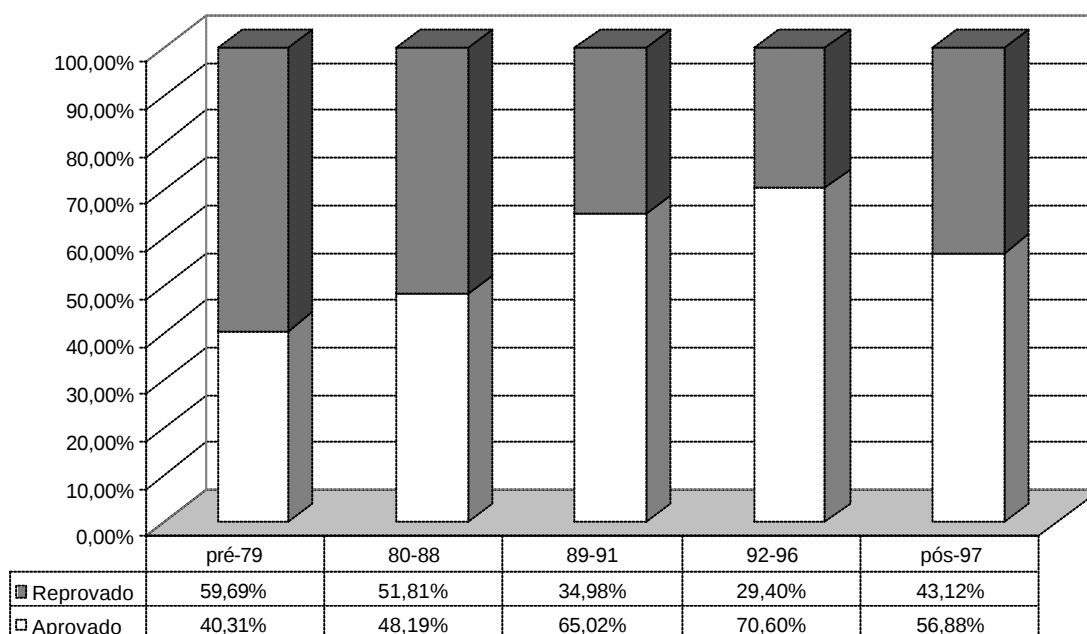
A TABELA 15 apresenta as médias dos valores típicos de emissão de 21 fabricantes/importadores de kits de conversão para o uso do GNV. Destes, apenas

⁴³ Entende-se por semi-reboque feixe como um veículo do tipo semi-reboque, que pode ser acoplado a um caminhão trator. Este semi-reboque é equipado com um conjunto de cilindros de armazenamento de GNV

quatro apresentavam tecnologia capaz de atender aos limites do PROCONVE. Pode-se observar que os veículos convertidos, quando optam por utilizar gasolina emitem bastante.

A FIGURA 10 apresenta o índice de aprovação e reprovação nos testes de emissão de veículos movidos a GNV na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, realizados no programa de inspeção veicular do estado do Rio de Janeiro⁴⁴ no ano de 2001.

FIGURA 10 - Percentual de aprovação/reprovação nas vistorias de gases - veículos a GNV



Fonte: La Rovere *et al* (2002)

Observa-se que mesmo para os veículos novos (pós-97), o percentual de reprovações é consideravelmente elevado, de 43%. Tal fato ocorre devido ao grande número de conversões para GNV realizadas de forma incompleta, minimizando os custos dos *kits* utilizados, mas que não propiciam uma boa queima do combustível e, conseqüentemente, aumentam as emissões veiculares.

⁴⁴ O Programa de Inspeção e Manutenção Veicular dos Veículos em Uso do Estado do Rio de Janeiro será detalhado no Capítulo 3.

Quando um motorista procura uma oficina de conversão, em geral, são oferecidos dois tipos de kits, conforme apresentado anteriormente. O primeiro chamado de “kit básico”, o qual na realidade deveria ser chamado de incompleto, não é equipado com todos os componentes que deveriam ser instalados para garantir performance, economia de combustível e baixa emissão. O segundo chamado de “kit completo”, que recebe todos os acessórios necessários ao bom funcionamento do sistema, custa mais caro e quase sempre é preterido pelos consumidores.

Para que uma conversão seja corretamente efetuada de modo que o veículo tenha um desempenho adequado e esteja dentro das normas atuais em vigor de emissão de poluentes, é necessária a instalação de uma centralina especial, no caso dos veículos equipados com sistema de injeção eletrônica.

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 realizada 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 regulamenta os conjuntos para conversão de veículos para o uso do gás natural. A Resolução, entre outras providências, institui o “Certificado Ambiental para Uso do Gás Natural em Veículos Automotores” – CAGN, a ser emitida pelo IBAMA para cada modelo de conjunto de componentes (kit) do sistema de GNV, tipo de motorização e combustível, nominal ao fabricante ou importador e renovado anualmente, inclusive quanto aos limites aceitáveis de emissão. A Resolução foi regulamentada pela Instrução Normativa 15 do IBAMA, de agosto de 2002.

Dessa forma, os fabricantes ou importadores de kits passarão a disponibilizar, para a realização de ensaios por parte de agentes técnicos conveniados do IBAMA, os kits a serem homologados. Além disso, a empresa e o responsável técnico pela instalação do sistema de gás natural são responsáveis pelo desempenho do veículo convertido e

pelo cumprimento das exigências previstas na legislação específica dos Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M.

Mesmo assim, tendo em vista que grande parte dos veículos em circulação passam pelo tratamento de oficinas não autorizadas que podem alterar seus padrões de emissão de gases, essa sistemática não elimina a importância da inspeção dos veículos. Nem todos os *kits* estão sendo homologados conforme a Resolução CONAMA nº 291/2001, e mesmo os *kits* homologados são frequentemente modificados para serem vendidos a preços bem mais baixos.

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.

Entretanto, cabe ressaltar que mesmo com a utilização de *kits* completos homologados, as emissões de alguns poluentes podem aumentar com a conversão. Dondero e Goldemberg (2004) realizaram um estudo avaliando, a partir de testes das emissões de escapamento, a conversão para GNV de 21 veículos leves a gasolina. Todos os veículos analisados eram equipados com injeção eletrônica e foram convertidos com a utilização de *kits* homologados, completos, de última geração, apropriados para a tecnologia dos veículos.

Após a conversão, os veículos apresentaram uma redução média de 53% nas emissões de CO (sendo que em alguns momentos, a emissão deste poluente aumentou), de 66% de hidrocarbonetos não metano e uma redução média de 20% de CO₂. Entretanto as emissões de NO_x aumentaram em 171% e de HC total em 162%. No caso específico do HC é importante destacar que em veículos movidos a GNV, aproximadamente 90% dessas emissões correspondem a metano, que exerce um efeito menor na formação do ozônio do que outros hidrocarbonetos.

O aumento médio das emissões de HC, NOx e em alguns casos, CO para veículos rodando a GNV destaca a falta de calibração e regulagem apropriadas. Evidentemente, se as conversões forem realizadas com a utilização de *kits* não homologados, resultariam em aumentos ainda mais elevados das emissões desses poluentes.

As Tabelas 16 e 17 apresentam alguns resultados do estudo em comparação com os valores homologados pela CETESB.

TABELA 16 :Resultados de emissão dos testes e valores homologados

	Média testes de Kombis - gasolina	Média testes de Kombis - GNV	Kombis – homologação*	PROCONVE
CO (g/km)	2,6	1,1	0,6	2
HC (g/km)	0,4	1,4	0,2	0,3
NOx (g/km)	0,6	1,3	0,1	0,6

Fonte: Dondero e Goldemberg (2004)

*CETESB

TABELA 17: Resultados de emissão dos testes e valores homologados

	Média testes de Quantum - gasolina	Média testes de Quantum - GNV	Quantum – homologação*	PROCONVE
CO (g/km)	4,36	1,73	0,6	2
HC (g/km)	0,3	0,5	0,2	0,3
NOx (g/km)	0,1	0,7	0,1	0,6

Fonte: Dondero e Goldemberg (2004)

*CETESB

A implementação de algumas medidas pode ajudar a reverter o cenário atual:

- A disponibilidade de veículos bicomcombustíveis gasolina e GNV com “equipamento de fabricação original” – OEM. O objetivo de obter conversões adequadas é bastante difícil e apenas possível com a utilização de equipamentos especializados e mão-de-obra qualificada. Veículos de segunda mão convertidos para gás pelo último proprietário dificilmente conseguirão atender aos limites de emissão do PROCONVE. Parcerias poderiam ser estabelecidas entre convertedores e montadoras, assim poderiam comercializar veículos nacionais bi-combustíveis desenvolvidos com projetos específicos e OEM. Um controle correto, com garantias tanto das montadoras quanto dos kits, pode reduzir consideravelmente as emissões.
- Comercialização de veículos bi-combustíveis álcool hidratado e GNV com “equipamento de fabricação original” – OEM. A conversão de um motor a álcool hidratado para o GNV é mais eficiente do que a conversão de um motor a gasolina para o GNV, pois o álcool trabalha com taxas de compressão mais próximas do gás natural, melhorando o desempenho do motor. Já existe um veículo bi-combustível álcool/GNV homologado pela CETESB. A conversão do veículo foi desenvolvida a partir de uma sociedade entre a montadora e o fabricante do *kit*.
- Implementação de programas de inspeção e manutenção veicular – Programas de I/M são fundamentais para assegurar que os veículos convertidos atendam aos limites de emissão. Atualmente somente o Estado do Rio de Janeiro possui um programa como esse.
- Disponibilidade de veículos dedicados a GNV originados de fábrica podem reduzir significativamente as emissões de poluentes desse tipo de veículo.

No caso dos veículos pesados movidos a óleo diesel, como a tecnologia de redução de emissões não está tão avançada como nos veículos a gasolina, uma substituição de um veículo convencional movido a óleo diesel para um veículo com avançado motor capaz de utilizar um combustível gasoso pode reduzir substancialmente as emissões de escapamento e tóxicas. Em outras palavras, o gás natural veicular – GNV é uma opção de redução de emissões no caso de veículos que não possuem sistemas sofisticados de pós-tratamento de gases poluentes. A substituição do uso do diesel por gás natural em veículos pesados de transporte urbano (ônibus), seria importante para

a redução de emissões de poluentes locais, em especial o material particulado, um dos grandes problemas do uso do diesel.

2.6. PRINCIPAIS ASPECTOS ABORDADOS - A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E BRASILEIRA DE REGULAMENTAÇÃO DOS VEÍCULOS LEVES

A regulamentação para o controle de emissões veiculares foi primeiramente implantada nos EUA, mais precisamente na Califórnia (década de 50). A partir daí medidas de controle de emissões veiculares foram implantadas em diversos países (Japão, Europa, etc.) fazendo com que as indústrias automobilísticas e de petróleo comesçassem a produzir veículos e combustíveis menos poluentes.

A experiência pioneira norte-americana, através da implantação de limites cada vez mais restritivos de emissão (os limites denominados Tier 0, Tier 1 e Tier 2), possibilitou uma redução das emissões veiculares anteriormente aos outros países adquirindo experiência ao longo do tempo, estimulando uma rápida evolução tecnológica dos veículos e dos testes de emissão, como, por exemplo, o desenvolvimento do teste FTP-75, que serviu de base para a implantação da regulamentação posteriormente em outros países (por exemplo, o Brasil).

O processo europeu de regulamentação de emissões foi consolidado posteriormente, junto com a formação da União Européia. Os testes de emissão, realizados para assegurar o atendimento aos limites de emissão (Euro 1, 2, 3 e 4) são diferentes dos EUA. Na Europa são realizados dois testes considerando dois diferentes ciclos de direção: o ECE, que representa as condições de direção em um centro urbano europeu, com baixa velocidade e o EUDC, que representa formas mais agressivas de direção com velocidades mais altas.

Enquanto que os países desenvolvidos foram avançando em termos de controle de emissões veiculares, diversas cidades de países em vias de desenvolvimento (como por exemplo, São Paulo) começaram a ter problemas de poluição atmosférica de origem veicular devido ao grande crescimento da frota. Assim, o Brasil foi o primeiro país da América do Sul a adotar uma legislação voltada para a redução das emissões veiculares, a partir de 1976, com o controle das emissões de gases e vapores do cárter. Em 1986 a Resolução nº 18/1986 instituiu o PROCONVE. Foram adotados no

Brasil procedimentos avançados e utilizados nos EUA para o ensaio de veículos, motores e medição de poluentes. É adotado, então, o teste norte-americano FTP-75. Na época considerou-se que a regulamentação norte-americana estava bem mais avançada que a européia para os veículos leves, o que facilitaria a indução da utilização de sistemas modernos de controle de emissões. A generalização do uso desses sistemas, considerando ignição/injeção eletrônica, catalisadores de três vias e sonda de oxigênio (para possibilitar o controle preciso da riqueza da mistura ar/combustível e mantê-la nas condições ideais) foi possibilitada pelos limites de emissão determinados pelo PROCONVE Fase III (1997), que foi inspirada nos padrões norte-americanos Tier 0.

Atualmente, os novos padrões de emissão do PROCONVE (a serem implantados em 2005 e 2009) apresentam maiores avanços nos limites de NO_x e HC, que são os formadores do ozônio por processos fotoquímicos, poluente que tem ultrapassado freqüentemente os padrões de qualidade do ar na RMSP (o mesmo comportamento deve ocorrer em outras grandes metrópoles brasileiras).

Um aspecto importante relativo às emissões veiculares da frota brasileira de veículos leves é que os veículos ano-modelo anteriores ao PROCONVE e do início de sua implantação movidos a álcool combustível emitiam menos poluentes do que os veículos movidos a gasolina. Este fato foi bastante importante na época pois evitou que os níveis de concentração de poluentes atmosféricos fossem ainda maiores do que os então observados. Entretanto essa vantagem foi se perdendo ao longo do tempo devido ao desenvolvimento tecnológico dos veículos a gasolina, que emitem cada vez menos.

Atualmente vem crescendo em grande intensidade as vendas no Brasil de veículos flex-fuel (utilizam tanto o álcool hidratado quanto a gasolina em qualquer proporção). Apesar de não possuir vantagens ambientais em comparação com os veículos movidos a gasolina, considerando emissões de poluentes locais, possuem vantagens em termos de poluição global quando utilizado o álcool (combustível renovável), que contribui para a mitigação do aumento do efeito estufa.

Outro combustível que vem ganhando cada vez mais espaço no país é o gás natural veicular. Não há produção em escala comercial de veículos novos movidos a GNV, o mercado brasileiro deste combustível é composto por veículos originalmente movidos a gasolina ou álcool convertidos para o GNV. Este fato ocasionou um grande problema em termos de emissão de poluentes, já que muitos kits de conversão e procedimentos que são utilizados são de baixa qualidade. Grande parte das conversões utiliza o “kit básico”, que é um kit incompleto com um custo menor, sem os componentes necessários ao bom funcionamento do sistema, como, por exemplo, uma centralina especial. Dessa forma, muitos veículos convertidos poluem mais após a conversão do que com o combustível original.

Devido a este problema a Resolução CONAMA nº 291/2001 regulamentou os conjuntos para conversão de veículos para o uso do GNV. Entretanto, tendo em vista que grande parte dos veículos em circulação passam pelo tratamento de oficinas não autorizadas que podem realizar as conversões de forma menos custosa com kits não adequados, possivelmente muitos veículos, mesmo após a implementação da Resolução, ainda emitem muito mais do que com o combustível original. Dessa forma é fundamental que haja fiscalização e que sejam implantados programas de inspeção e manutenção veicular para assegurar que os veículos convertidos estejam dentro dos padrões das Resoluções. Esses programas são o objeto do próximo capítulo.

3. PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR

3.1. ASPECTOS GERAIS

A falta de uma aceitação cultural de uma manutenção veicular regular e, especialmente, preventiva é um dos principais contribuintes para a poluição atmosférica gerada pelas fontes móveis de emissão.

O estado geral dos veículos que compõem a frota circulante de cada país incide de forma decisiva sobre as questões de poluição e de segurança no trânsito. Inicialmente programas de controle de emissões veiculares procuraram estabelecer normas e requisitos mínimos de segurança e emissão de gases, necessárias para a homologação dos novos veículos produzidos⁴⁵. Normas que, gradativamente, foram se tornando mais rigorosas. Em seguida foi ficando clara a necessidade de se avaliar o cumprimento destas normas, não apenas no processo de fabricação, mas durante toda a vida útil do veículo, verificando se suas características se mantêm dentro dos limites legais que permitam evitar, ou pelo menos reduzir, os acidentes ocasionados por falhas mecânicas e reduzir a emissão de poluentes.

Ainda que com o sistema de homologação se garanta que os veículos saiam da fábrica com as condições estabelecidas pela normativa vigente, é preciso verificar se essas se mantêm ao longo de sua vida útil. Como ocorre com qualquer outra máquina, o uso do veículo ocasiona uma degradação contínua de suas características técnicas além de possíveis adulterações dos sistemas de controle de emissões. Após a aquisição do veículo, sua manutenção é de responsabilidade do proprietário.

Desta forma, a implantação de programas de inspeção e manutenção veicular - I/M de emissões encoraja a manutenção correta dos veículos e desestimula a adulteração dos dispositivos de controle de emissões, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e para a economia de combustível. Em outras palavras, esses programas objetivam manter as emissões aprovadas no licenciamento do veículo, dentro dos

padrões ambientais estabelecidos. Esses programas foram implantados em diversos países, inicialmente com o objetivo de aumentar a segurança veicular (inspeção de segurança), mas posteriormente objetivando também reduzir as emissões de poluentes.

Esses programas podem ser complementados por programas de renovação acelerada da frota, visto que quando os veículos forem reprovados nos testes de emissão nos programas de I/M e que seu valor de mercado for menor do que o custo de reparo requerido pelo programa, muitos indivíduos possivelmente preferirão participar de um programa de renovação acelerada da frota, no qual poderiam receber um incentivo financeiro possibilitando a substituição do seu veículo.

O programa de inspeção veicular consiste na avaliação dos itens de segurança e de emissão de poluentes dos veículos que compõem a frota circulante. O seu objetivo é aferir as condições de segurança e de emissão de poluentes, elaboradas durante seu desenho e fabricação, as quais devem ser mantidas de forma adequada e acima dos níveis mínimos estabelecidos. Os testes medem as emissões veiculares e identificam os veículos mais poluentes, requerendo que os mesmos sofram reparos para que atendam aos padrões de emissão determinados. Para isto são necessários protocolos adequados de testes, informações confiáveis sobre a população de veículos e controle administrativo.

A inspeção de emissões veiculares consiste de diversas partes. O teste que é na maior parte das vezes realizado é o teste das emissões de escapamento dos veículos, mas programas de I/M podem também incluir exames dos sistemas de controle das emissões evaporativas assim como inspeções visuais para verificação de adulteração dos sistemas de controle de emissões. As emissões evaporativas se referem às emissões de hidrocarbonetos resultantes da evaporação de combustível não queimado do tanque de combustível e durante a operação do motor. Ao contrário das emissões de escapamento, as emissões evaporativas podem ocorrer quando o veículo não está em operação.

⁴⁵ A inspeção de segurança não será abordada com detalhes por não ser o foco deste estudo.

Segundo Favaretto (2001), a experiência mostra que apenas uma pequena parte dos condutores mantém o seu veículo em condições adequadas de manutenção. A maioria, na prática, descuida destes aspectos, limitando-se a poucas ações como aferir a pressão dos pneus e trocar periodicamente os óleos lubrificantes e filtros.

Um dos principais problemas gerados pelo trânsito, do ponto de vista social e econômico, além da poluição atmosférica, são os acidentes e suas vítimas, não apenas pelo sofrimento humano causado pelos feridos, inválidos e mortos, como pelos danos materiais causados pela destruição total ou parcial de veículos e instalações nas vias públicas, pelos transtornos causados ao tráfego das grandes cidades e os conseqüentes desperdícios de tempo e combustível, pelos gastos médicos e previdenciários, e pelo prejuízo gerado à renda e produção futura decorrente da invalidez ou morte de pessoas em plena idade produtiva.

Os acidentes de trânsito constituem-se no segundo principal fator de morte por causa externa no Estado de São Paulo. Em 1997 ocorreram 8.990 mortes, o que significou 27,9% das mortes por causa externa daquele ano, participação apenas superada pelos homicídios. É fato incontestável que, quanto pior o estado de conservação de um veículo, maior a probabilidade de causar ou se envolver em um acidente grave. A participação dos veículos mais antigos nos acidentes com mortes em São Paulo é muito maior do que sua participação na frota circulante da cidade, o que indica que esses veículos são mais propensos a se envolverem em acidentes graves. Os veículos com mais de quinze anos de idade geram quase três vezes mais acidentes com vítimas fatais na cidade de São Paulo do que os veículos com menos de cinco anos. Neste caso o impacto de um programa de inspeção e manutenção seria positivo (Favaretto, 2001).

Além disso, uma das principais “deseconomias” geradas pela circulação de veículos pelas grandes e médias cidades e rodovias do país é o congestionamento, o qual causa desperdícios de tempo e combustível e prejuízos à saúde, em razão da poluição. As principais causas dos congestionamentos são, além do problema do excesso de veículos em circulação: acidentes por causas naturais, como enchentes ou quedas de barreiras, interrupções totais ou parciais das vias por obras, acúmulo de veículos acima da capacidade das vias, acidentes de trânsito e veículos avariados

bloqueando a via pública. Em relação a essas duas últimas causas, as inspeções poderiam contribuir positivamente.

No Rio de Janeiro, por exemplo, aproximadamente 23% das retenções do tráfego são causadas por veículos com defeitos, sem condição de circulação. Em São Paulo existe uma média de 550 remoções diárias de veículos nas principais vias da cidade. Desse total de remoções, 420 são veículos com problemas mecânicos ou elétricos decorrentes de má manutenção (Favaretto, 2001).

Uma das ações adotadas em muitos países, dentro de planos estabelecidos para obter uma maior segurança no trânsito e uma maior proteção ambiental, conforme apresentado anteriormente, tem sido a verificação do estado geral dos veículos e do funcionamento dos elementos de segurança.

Os programas de I/M podem ser, de um modo geral, de dois tipos:

- 1) O governo é o responsável pela realização dos testes, ou seja, os postos de testes de inspeção são estaduais e os reparos são feitos em oficinas particulares.
- 2) Empresas privadas, contratadas pelo governo, são responsáveis pela realização dos testes de inspeção e pelos reparos.

Os testes de emissão realizados pelos programas de I/M podem ser de dois tipos basicamente:

- Teste básico: testa as emissões de escapamento dos veículos (emissões de exaustão). Uma sonda é inserida dentro do escapamento enquanto o veículo trabalha em marcha lenta e/ou com o motor em rotação de 2.500 rpm⁴⁶. Os analisadores de emissão então medem os níveis dos poluentes na exaustão. Os

⁴⁶ A marcha lenta é o regime de trabalho em que a velocidade angular do motor, especificada pelo fabricante, deve ser mantida durante a operação do motor sem carga e com os controles do sistema de alimentação de combustível e acelerador na posição de repouso.

poluentes aqui são medidos em concentração nos gases de escapamento (% ou ppm).

- Teste avançado: este procedimento envolve a verificação se os componentes do sistema de controle de emissão de poluentes estão presentes e em operação. Este teste verifica ainda as emissões evaporativas de HC.

O teste avançado, ou de alta tecnologia, consiste de três testes distintos realizados nos veículos:

a.) Teste de emissão de escapamento, cujo resultado é fornecido em unidade de massa de poluente emitido por distância percorrida (por exemplo g CO/km) e é realizado num regime transiente (não só em marcha lenta e a 2.500 rpm).

b) Teste evaporativo de canister⁴⁷

c) Teste do sistema evaporativo

Os testes avançados ainda medem o consumo específico dos veículos e a economia de combustível. O teste é realizado com um dinamômetro, através de um ciclo de diferentes velocidades e acelerações, para simular a dirigibilidade em uma cidade. A aceleração e desaceleração de um veículo são as grandes fontes de emissões de poluentes em veículos sem a manutenção apropriada. O teste básico só mede as emissões de HC no escapamento, entretanto falhas no sistema do *canister* evaporativo podem ser responsáveis por parte importante das emissões de HC.

Cabe ressaltar que um programa de inspeção e manutenção veicular poderia, além de contribuir para a redução das emissões de poluentes, redução de acidentes, redução de congestionamentos, etc., promover a absorção de novas tecnologias no país e o incentivo à fabricação de componentes sem similar nacional. São realizados investimentos na construção, montagem e instalações de estações de inspeções. A

⁴⁷ A maioria dos veículos possui um filtro de carvão ativado (canister), cuja função é absorver os vapores do combustível, evitando que os mesmos se dissipem na atmosfera prejudicando o meio ambiente. No ato do abastecimento, o mesmo deve ser interrompido no primeiro desarme do bico de abastecimento para evitar que o combustível encharque o canister, prejudicando sua eficiência.

tecnologia atual de inspeção é sofisticada, utilizando-se dos recursos avançados de informática e de engenharia automotiva. Além disso, a implantação de um programa de I/M cria empregos, em sua maioria destinados a técnicos de nível médio e engenheiros automotivos, sendo que o crescimento da demanda por esse tipo de mão-de-obra exige um esforço de formação específico.

A implementação de um programa de I/M permite uma formação de um banco de dados da frota circulante, o qual serve de base para estudos que orientem projetos e intervenções precisas para a redução das emissões veiculares, além da melhoria do sistema de trânsito de todo o país.

Além disso, existem vários benefícios para o proprietário do veículo do ponto de vista individual Segundo Favaretto (2001):

- Aumento do valor de revenda do veículo, já que a manutenção preventiva manterá o automóvel em melhores condições mecânicas.
- Aumento da segurança do comprador do veículo usado, porque o mesmo estará com um certificado de avaliação comprovando o seu bom estado de conservação.
- Diminuição das despesas de manutenção do veículo, já que as ações preventivas possibilitam redução de gastos de reparação.
- Se houver um relatório detalhado, gerado pelo programa, servirá como um roteiro do que realmente precisa ser reparado no veículo, eliminando reparos desnecessários propostos pelo mecânico.
- Reduz o consumo de combustível devido à melhor regulagem do motor.

Entretanto, programas de inspeção e manutenção têm sido criticados sobre dois principais pontos. Em primeiro lugar, esse tipo de programa requer, indiscriminadamente, que todos os veículos passem por uma inspeção. Os críticos argumentam que programas de I/M usam os recursos de forma ineficiente e são

bastante inconvenientes para a maior parte dos motoristas. O segundo ponto é que os procedimentos dos testes de emissão não representam as condições de direção do mundo real. Muitos testes são realizados com os veículos ou em marcha-lenta ou com rpm constante de 2.500. Somente nos testes com dinamômetros, onde é possível avaliar as emissões com o veículo percorrendo ciclos de direção que incluem aceleração e desaceleração que são normais do comportamento dos motoristas, as emissões são mais realistas. Além disso, normalmente os testes não consideram veículos com carga, a qual modifica significativamente a quantidade emitida. Devido às críticas, muitos testes têm considerado carga nos veículos utilizando dinamômetros, gerando resultados mais satisfatórios (Washburn, Seet, e Mannering, 2001).

As emissões de CO não são muito afetadas pelo comportamento da direção, a não ser em aceleração muito intensa. Mas as emissões de HC e NOx podem ser bastante afetadas por carga no veículo ou comportamento de direção. Neste caso é possível que ocorram veículos que passem nos testes de emissão, mas sejam poluidores nas condições de direção do mundo real.

Existem evidências, a partir estudos estatísticos de resultados de testes de emissão, de que os motores e os sistemas de controle de emissão dos veículos perdem a efetividade com relação ao controle das emissões com a deterioração gradual do veículo. O uso do veículo teria um impacto semelhante da idade do veículo, senão pior, devido aos efeitos do uso intenso do veículo comprimidos em um período curto de uso do mesmo, ao invés de distribuído ao longo do tempo. Isto é consistente com o fato de que veículos mais antigos emitem mais (Washburn, Seet, e Mannering, 2001).

Os programas de I/M contribuem para a identificação dos veículos mais poluidores e para a coleta de dados. Isto poderá colaborar para a identificação dos efeitos de adulteração nos veículos, das condições médias dos veículos, da idade, dos valores de quilometragem mais acurados, dos tipos de veículos, combustível utilizado e das condições sócio-econômicas dos proprietários dos veículos nos resultados dos modelos que estimam as emissões.

Como complemento dos programas de I/M, existe a tecnologia OBD (*On Board Diagnostic System*) que se trata de um computador a bordo do veículo que monitora o

sistema de controle de emissões. O computador liga uma luz no painel do veículo caso esteja ocorrendo algum problema no funcionamento do sistema. Isto alerta o motorista da necessidade de realizar uma manutenção no seu veículo.

Existe, também, o sensoriamento remoto, com o qual os veículos são averiguados enquanto estão passando por pontos específicos das ruas onde os equipamentos são instalados. É um sistema que pode obter dados de emissão e velocidade do veículo, mas não outras informações, como, por exemplo, a quilometragem acumulada do veículo. Na realidade o sensoriamento remoto deve ser complementar ao programa de I/M, e não substituto. Uma forma de complementação seria a identificação através do sensoriamento remoto de veículos que emitem um nível alto de emissões, os quais poderiam (com a fotografia da placa dos veículos) ser encaminhados para a inspeção e, se necessário for, a manutenção dos mesmos em um programa de I/M.

A tecnologia do sensoriamento remoto das emissões veiculares é um instrumento para testar um grande número de veículos rapidamente dentro de condições potencialmente realísticas. A tecnologia utiliza princípios de espectroscopia (criação de espectros e observação de suas cores através de um espectroscópio) de infravermelho para medir concentrações de HC, CO, CO₂ e NO_x e fumaça do escapamento dos veículos enquanto o mesmo estiver sendo dirigido em uma rua ou estrada. A velocidade e a aceleração do veículo podem ser registradas simultaneamente com a imagem da placa do mesmo, tornando possível a identificação dos veículos e determinando as condições nas quais a mensuração das emissões foi efetivada.

Segundo Gwilliam *et al* (2003) sistemas existentes de sensoriamento remoto podem medir mais de 4.000 automóveis por hora em uma base contínua, provendo potencialmente um instrumento importante para a caracterização de emissões da frota circulante. O sensoriamento remoto tem sido usado como um componente de programas de inspeção e manutenção nos EUA para identificar veículos altamente poluidores e solicitar que sejam reparados e para identificar veículos limpos para que sejam dispensados das inspeções regulares nas estações de testes.

Cabe acrescentar que, segundo a EPA (2004), os testes de sensoriamento remoto não substituem os programas de I/M, sendo eficientes como complementação, uma vez que apresentam séria limitação: nem todos os veículos são analisados e o teste não consegue captar as emissões evaporativas, uma fonte importante de emissões.

Uma outra forma de operação de um sistema de sensoriamento remoto é a solicitação dos motoristas de passar por uma estação a uma dada velocidade ao invés de parar na estação e realizar os testes.

A tecnologia deste tipo de instrumento atualmente é bastante conhecida para veículos leves a gasolina. Para veículos pesados a gasolina ou veículos a diesel existem avanços tecnológicos de pesquisa e desenvolvimento na área, mas para a sua utilização na prática é preciso ainda experiência de campo.

A seguir são apresentadas a experiência internacional de implantação de programas inspeção e manutenção veicular e a experiência brasileira.

3.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

3.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – EUA

Os Programas de I/M encontram-se implantados em diversos países. Esses Programas foram introduzidos nos EUA no final dos anos 70 em resposta às discrepâncias entre as emissões de veículos novos, apresentadas nos certificados, e as emissões dos veículos em uso.

Após uma década de experiência concluiu-se que os primeiros programas norte-americanos não obtiveram resultados importantes, afetando muito pouco a redução das emissões. Devido a este fato, a emenda do “*Clean Air Act*” de 1990 atribuiu à Agência de Proteção Ambiental dos EUA - EPA a responsabilidade de desenvolver um programa de I/M a ser utilizado como padrão, mais eficiente do que os que vinham sendo implementados, sendo mandatório em todas as áreas metropolitanas com problemas de poluição atmosférica relacionada às emissões veiculares. O objetivo desse programa, e de outros similares nos EUA, é identificar os veículos mais poluentes e determinar que obedeçam aos padrões de emissão da forma mais eficiente possível.

A TABELA 18 apresenta reduções de emissões segundo a EPA.

TABELA 18 - Redução das emissões de poluentes obtida por Programas de I/M, segundo a EPA

	HC		CO	
	g/km	redução	g/km	redução
Sem IM	1,53	-	13,43	-
Com IM básico	1,42	8%	11,98	11%
Com IM avançado	1,02	34%	8,59	36%

Fonte: EPA, 1994.

Os veículos em uso emitem de três a quatro vezes mais poluentes que o permitido pelos padrões de veículos novos nos EUA. Os fabricantes foram obrigados a satisfazer a padrões rigorosos de emissão de poluentes dos veículos novos. Portanto, a manutenção correta dos veículos é necessária para que as vantagens ambientais obtidas com a implementação das novas tecnologias veiculares sejam mantidas.

No final de 1994, Mariposa County, no Arizona, se tornou a primeira região dos EUA a implantar um controle da qualidade do ar com base no padrão da EPA. A TABELA 19 apresenta um sumário de informações relativas ao programa do Arizona, segundo Harrington *et al* (2000).

TABELA 19: Custos médios de reparo e redução de emissões de automóveis por ano-modelo

Ano-modelo	Quantidade	Custo médio do reparo (US\$)	Índice de reprovação (%)	Redução de emissões – HC (g/km)	Redução de Emissões – CO (g/km)	Redução de Emissões – NOx (g/km)
	57 559	129	15	0,44	7,27	0,54
81-82	10 320	123	50	0,48	7,33	0,54
83-85	24 067	135	38	0,45	7,70	0,57

86-88	14 696	128	17	0,44	7,39	0,53
89-90	4.121	120	7	0,42	6,52	0,54
91-92	3.254	128	5	0,36	5,34	0,44
93-95	1.101	72	1	0,25	3,91	0,32

Fonte: Harrington *et al* (2000).

A TABELA 20 apresenta uma comparação entre as reduções de emissão das estimativas da EPA versus a experiência do Arizona considerando veículos leves no caso da implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular.

TABELA 20: Comparação entre as estimativas de redução das emissões da EPA e da experiência do Arizona considerando veículos leves

	Emissões antes da melhoria do IM (g/km)	Emissões após a melhoria do IM (g/km)	Redução das emissões (%)
Estimativa do EPA			
HC total*	1,22	0,79	35
HC escapamento	0,55	0,37	33
CO	6,77	4,14	39
NOx	0,55	0,52	7
Experiência do Arizona 1995-96			
HC**	0,50	0,43	13
CO	7,58	6,58	13
NOx	0,93	0,86	8

Fonte: Harrington, Mcconnell, Ando (2000).

* O total de HC contabiliza as emissões evaporativas, além das emissões de escapamento.

** não considera as emissões evaporativas.

Cabe ressaltar que existem algumas complicações que dificultam uma comparação dos resultados das estimativas do EPA e do programa do Arizona. Uma delas é o tratamento das emissões evaporativas. Essas emissões são incluídas nas estimativas de redução de emissões do EPA mas não estão incluídas nas estimativas das reduções das emissões da experiência do Arizona.

Os resultados das estimativas de redução das emissões do EPA são maiores do que as reduções previstas pelo programa do Arizona considerando as emissões de escapamento de HC e CO. Enquanto as estimativas da EPA resultam em reduções de emissões em torno de 35% a 39%, respectivamente, a análise do Arizona resultou em reduções de emissões de, aproximadamente, 12-13%. Ambas as estimativas resultaram em reduções de NOx similares, em torno de 7%.

O padrão de programa da EPA incluiu diversas características projetadas para corrigir deficiências que surgiram nos primeiros programas de I/M nos EUA. A seguir são apresentados alguns fatores importantes do programa da EPA (Harrington *et al*, 2000):

- Dispensas de atendimento das determinações dos testes de emissão caso o proprietário tenha que dispendar um valor muito alto para o reparo do veículo para o atendimento aos limites de emissão. O valor do reparo deverá ser de no mínimo US\$ 450,00 (*waiver*) para receber a dispensa do atendimento das emissões.
- Separação do teste e do reparo: grande parte dos programas estaduais existentes nos EUA eram descentralizados, nos quais garagens de propriedade privada eram certificadas para testar e realizar a manutenção e reparo dos veículos. A separação do teste do reparo evita mecanismos perversos de incentivos durante o teste. De um lado o técnico pode ser incentivado a reprovar veículos limpos para que realizem reparos não necessários nos veículos. De outro lado o técnico pode, também, ser incentivado a aprovar veículos que deveriam ser reprovados como forma de agradar os clientes e assegurar sua volta àquela oficina.

- Testes obrigatórios no dinamômetro. Os testes de emissão anteriormente eram baseados no uso de testes em marcha lenta, os quais não são considerados muito efetivos para o exame de veículos equipados com injeção eletrônica. A EPA desenvolveu um protocolo para os testes de emissão tecnicamente sofisticado que incluiu o uso de analisadores automáticos de um dinamômetro. Esse teste no dinamômetro, o teste IM240, simula uma operação do veículo dentro de um ciclo de condições variadas de velocidade e aceleração projetadas para representar as condições de direção do dia a dia de um veículo. Além disso, ao contrário dos testes com o veículo em marcha lenta, o teste IM240 pode medir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) assim como as emissões de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) e pode medir as emissões em massa (g/km ou milha)⁴⁸. O teste com o veículo em marcha lenta mede as emissões somente em valores representando as concentrações dos poluentes.

Cabe ressaltar que, segundo Harrington *et al* (2000), os programas de inspeção e manutenção veicular podem não estar gerando resultados tão positivos quanto a EPA havia estimado devido ao fato de serem programas que objetivam regular o comportamento de indivíduos ao invés de empresas e outras organizações. Considerando a enorme quantidade de veículos circulando nos grandes centros urbanos, faz-se necessário um sistema eficiente de fiscalização.

Nos EUA, o Programa de Inspeção e Manutenção do Arizona é um programa centralizado que requer testes IM240 bianuais para modelos 1981 em diante. O teste IM240 envolve a colocação de um veículo em um dinamômetro e a direção do mesmo através de um ciclo de direção. O ciclo dura 240 segundos e representa um percurso de, aproximadamente, três km com uma velocidade média de 47 km/h e velocidade máxima de 91 km/h. Em 2000, no Arizona, o teste IM240 foi substituído por um mais curto, o IM147. Os veículos ano-modelo mais antigos são submetidos a um teste considerando duas velocidades: marcha lenta e 2.500 rpms.

⁴⁸ O teste IM240 é detalhado posteriormente.

O teste de I/M é gerenciado por apenas um contratado que opera dez postos de inspeção na Área Metropolitana de Phoenix. Os veículos que são reprovados nos testes de emissão são obrigados a fazer os reparos necessários e realizar outro teste em um dos dez postos. Os proprietários dos veículos podem solicitar uma dispensa de um teste caso comprovem um gasto em manutenção de qualidade de no mínimo U\$450,00. Nesse caso um programa de renovação acelerada da frota poderia retirar esse veículos de circulação.

Segundo Wenzel (2001), a EPA considera o Programa Phoenix IM240 como um modelo de programa que chega mais perto do modelo de programa recomendado pelo órgão e recomenda que os estados utilizem esse programa como *benchmark* para a avaliação da eficiência dos seus próprios programas.

O Programa Phoenix IM240 reduziu as emissões veiculares de, aproximadamente, 60% de HC não evaporativo e de CO e 47% de NOx, considerando a análise do total da frota que foi reprovada nos primeiros testes do período de 1996 a 1997. Grande parte dessas reduções se deve a reparos realizados nos veículos. Uma pesquisa realizada em Phoenix observou que um terço dos proprietários dos veículos planejaram fazer uma revisão nos seus veículos antes da inspeção.

Um dos problemas que ocorre no programa do Arizona é que mais de 30% dos veículos que são reprovados nos testes iniciais não retornam novamente para a realização dos testes depois de um suposto reparo. Informações de sensoriamento remoto indicam que um terço desses veículos continua em circulação na área do programa em vigor mais de um ano após a reprovação no teste.

O programa de I/M de Phoenix é um programa centralizado que está em operação há muitos anos. Até 1995 os testes eram anuais e realizados com o veículo ou em marcha lenta ou em um valor de rpm constante (2.500 rpms). Em janeiro de 1995 o programa mudou para testes IM240 bianuais para veículos leves ano-modelo a partir de 1981. Os veículos ano-modelo mais antigos do que 1981 precisam passar por testes bianuais básicos. Os veículos de ano corrente e dos dois anos anteriores são isentos da inspeção.

Não há obrigatoriedade de testar um veículo quando o mesmo é vendido ou muda de proprietário. Entretanto, o estado encoraja os cidadãos a testarem os veículos usados antes de adquiri-los. O programa é gerenciado por um único contratado que opera dez estações de inspeção.

Em 1992, a EPA estabeleceu novas regulamentações para aprimorar esse tipo de programa. Essas regulamentações foram aplicadas em algumas áreas metropolitanas com altas concentrações de ozônio (O₃) e de monóxido de carbono (CO). Os governos estaduais e locais não são obrigados a implementar o programa de I/M estabelecido pela EPA. Mesmo assim, diversos estados aderiram ao Programa e o mesmo se tornou uma referência internacional⁴⁹.

A execução desses programas pode se dar de duas formas a nível estadual, sendo os custos médios dos testes variando de US\$ 10 a US\$ 20:

- Os postos de testes de inspeção são estaduais e os reparos são feitos em oficinas particulares.
- Empresas privadas, contratadas pelo governo, são responsáveis pela realização dos testes de inspeção e pelos reparos.

Um dos avanços do programa norte-americano foi a obrigatoriedade de realizar testes de dinamômetro, conforme apresentado, muito mais eficientes em termos de análise das emissões veiculares do que outros testes realizados anteriormente. A EPA desenvolveu um teste sofisticado e oneroso que inclui analisadores automáticos e dinamômetro. O teste com dinamômetro IM240 simula uma operação veicular considerando velocidade e condições de aceleração similares aos realizados pelos veículos no dia a dia.

⁴⁹ A EPA oferece um crédito para estados que implantam programas desse tipo, independentemente de as emissões serem efetivamente reduzidas. Estados que não implantam inspeções veiculares são expostos a possíveis penalidades e multas da EPA para o não alcance dos padrões de emissão.

Além disso, esse tipo de teste pode medir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC) e monóxido de carbono (CO), em termos de taxas de emissões propriamente ditas. Os testes anteriores permitiam, apenas, a medição das concentrações dos poluentes e não mediam NOx.

O teste IM240 difere de testes tradicionais devido ao fato de que os veículos são testados enquanto dirigidos em um dinamômetro. A maior parte dos testes era realizada com os veículos parados. No teste IM240 o veículo é operado em um ciclo de direção que possui diversas velocidades diferentes. O ciclo foi elaborado para representar uma cidade típica norte-americana e inclui diferentes modos de direção como aceleração e desaceleração.

Uma diferença importante entre os testes de emissão é que o teste IM240 capta a totalidade das emissões de escapamento durante o teste e mede o total das emissões do veículo em massa em g/milha. Os testes tradicionais medem a concentração dos poluentes de escapamento (em percentual ou ppm). A medição das emissões em massa é uma forma mais precisa de medir a performance das emissões de grandes e pequenos veículos e os resultados estão mais diretamente relacionados à contribuição de cada veículo à poluição atmosférica. Esse tipo de teste pode também medir a economia do combustível.

O teste IM240 se inicia dirigindo o veículo para um dinamômetro, aplicando corretamente os dispositivos de coleta das emissões, posicionando o sistema auxiliar de ventilação do motor. Um inspetor, então “dirige” o veículo de acordo com o ciclo apresentado em uma tela de vídeo e acompanha o ciclo de direção utilizando um pedal de aceleração e um freio para aumentar ou reduzir a velocidade como se o veículo estivesse sendo dirigido em uma rua na cidade. A velocidade é apresentada em uma tela de vídeo. O inspetor ajusta a velocidade conforme o programa do ciclo de direção. Segundo a EPA, a técnica é facilmente aprendida por qualquer um que sabe dirigir um automóvel.

A duração do teste IM240 varia de acordo com as emissões do veículo. Para determinar os níveis de emissão, são realizadas medidas instantâneas em cada segundo e os dados são integrados por um programa de computador. O computador

monitora e acessa os dados de emissão continuamente durante cada fase do teste e utiliza algoritmos de aprovação e reprovação para identificar veículos que emitem mais e menos poluentes. No momento em que os valores medidos das emissões indicarem que o veículo é excepcionalmente limpo ou sujo, o computador automaticamente notifica o inspetor para parar o teste. Para os veículos cujas emissões estão próximas do limite máximo permitido, o teste pode continuar por mais 240 segundos além do tempo padrão do teste (de 240 segundos).

O equipamento necessário para a realização do teste IM240 é diferente do equipamento do teste realizado com o veículo em marcha-lenta, utilizado no Brasil e do teste com dinamômetro de velocidade única usado em alguns estados dos EUA. Essas diferenças incluem capacidades diversas do dinamômetro, monitores dos percursos de direção, sistemas especiais de amostragem e analisadores de emissões. Além disso, o sistema *high-tech* de teste utiliza controles de computador com funções integradas de segurança e é integralmente automatizado.

As emissões em massa do veículo são determinadas a partir da coleta de todo o fluxo de exaustão do cano de descarga com um instrumento chamado de *Constant Volume Sampler* - CVS. O CVS dilui o escapamento com ar fresco e mede a taxa do fluxo da mistura. As emissões em massa por segundo são calculadas através do produto da taxa do fluxo pela concentração de poluentes medida na mistura. Para calcular o valor oficial do teste em grama por milha (ou quilômetro), as emissões em massa de cada segundo são somadas e divididas pela distância (número de milhas ou quilômetros) percorrida no ciclo de 240 segundos do teste.

Conforme apresentado anteriormente, a EPA elaborou um modelo de programa de inspeção e manutenção que poderia ser seguida pelos estados (EPA, 1998), que inclui o teste de emissões de escapamento IM240 assim como testes de emissões evaporativas. É importante ressaltar que os estados não são obrigados a implantar um programa como o modelo da EPA mas precisam comprovar que seus programas obteriam os mesmos resultados em termos de redução de emissão do modelo da EPA.

Isto possibilitou uma certa flexibilidade para os estados no que diz respeito a alguns fatores, como frequência das inspeções e cobertura. Mas a EPA acreditava que não era possível que os estados conseguissem elaborar um programa que atingisse os padrões de performance do modelo da EPA sem incluir o teste IM240 em uma parte significativa dos testes. Mas quando os estados começaram a implantar seus programas de I/M, e a enfrentar a realidade política e prática de cada local, reivindicaram uma maior flexibilidade do que foi proporcionado na regra para I/M de 1992 da EPA. Por exemplo, algumas áreas que foram solicitadas a implementarem programas de I/M conseguiram atender aos objetivos com programas menos rigorosos do que seria recomendado pela regra de 1992.

Devido aos diversos protestos de governos locais, depois das eleições de 1994, o Congresso de maioria republicana exigiu que a EPA flexibilizasse os tipos de programas, liberando-os para a implantação de programas locais. Mesmo assim, diversos estados norte-americanos optaram pela implantação do programa desenvolvido pela EPA, utilizando o teste IM240.

Assim, em 1995 e 1996, a EPA revisou sua regra de 1992 para programas de inspeção e manutenção objetivando a inclusão de padrões de desempenho alternativos oferecendo uma maior flexibilidade para aquelas áreas que não precisam reduzir significativamente suas emissões veiculares para atingir os padrões de qualidade do ar. As metodologias de avaliação dos programas alternativos devem ser aprovadas pela EPA e capazes de fornecer informações precisas sobre a eficiência de todo o programa.

Outro avanço no programa norte-americano foi a disponibilização por muitos estados de uma relação de oficinas para os reparos solicitados pelas inspeções com um nível de qualidade satisfatório. Além disso, a maior parte dos estados possui programas para ajudar proprietários de veículos que não possuem condições de custear o reparo.

3.2.2. EUROPA

Diversos países da União Européia possuem testes de emissão veicular há aproximadamente 20 anos. Entretanto, originalmente apenas incluía caminhões, ônibus, táxis e ambulâncias. A diretriz estabelecia a lista de itens a serem inspecionados, como freios e emissões, mas não determinava padrões a serem seguidos, critérios e métodos de testes⁵⁰.

Posteriormente, a mesma foi revisada e padrões foram estabelecidos para alguns países membros. Para outros, os testes já executados há muito tempo foram apenas reafirmados. Desde 1977 as diretrizes dos programas de I/M dos países da União Européia foram modificadas diversas vezes e, atualmente, incluem, também, automóveis e vans leves. Além disso, os critérios dos testes de emissões foram detalhados e padronizados. O sistema como um todo e todas as suas emendas foram consolidados no *Directive 96/96/EC*.

Cabe reiterar que esta Diretriz foi implantada visando uma padronização dos testes, frequências e aspectos de obrigatoriedade, objetivando uma qualidade mínima necessária, já que variavam entre cada país-membro, prejudicando a segurança e o meio ambiente de alguns países.

Cada país-membro pode realizar testes mais rigorosos, caso considere oportuno. Os testes nos países-membro devem ser realizados pelo Estado, por corporações públicas de confiança do Estado, ou por corporações e/ou estabelecimentos designados para efetuar os testes, supervisionados diretamente pelo Estado, incluindo corporações privadas autorizadas. Em particular, quando estabelecimentos designados como centros de testes de veículos também efetuam reparos nos motores, os países-membro deverão assegurar, da melhor maneira possível, a qualidade necessária dos testes.

⁵⁰ A França, Irlanda, Portugal e Itália começaram seus programas de I/M para automóveis somente em 1998.

A frequência mínima de inspeção para os automóveis e os veículos leves comerciais é de dois anos, iniciando-se a partir do quarto ano de uso do veículo, mas a grande parte dos programas de I/M dos países-membro exige uma frequência maior. A TABELA 21 apresenta a frequência exigida nos testes para os países-membros da União Européia.

TABELA 21 - Veículos subordinados à inspeção e sua frequência

Categorias de veículos	Frequência dos testes
Veículos automotores para transporte de passageiros com mais de oito lugares, excluindo o do motorista.	Um ano após a data em que o veículo foi utilizado pela primeira vez e, a partir de então, anualmente.
Veículos automotores usados para o carregamento de produtos com um limite de peso máximo excedendo 3.500 kg.	
Trailers e semi-trailers com um limite de peso máximo excedendo 3.500 kg.	
Táxis e ambulâncias.	
Veículos automotores com, no mínimo quatro rodas, normalmente utilizados para carregamento rodoviário de produtos e com um limite de peso máximo não excedendo 3.500 kg, excluindo tratores de agricultura e máquinas.	Quatro anos após a data em que o veículo foi utilizado pela primeira vez e, a partir de então, de dois em dois anos.
Veículos automotores com, no mínimo quatro rodas, utilizados para o transporte de passageiros e com não mais de oito lugares, excluindo o do motorista.	

Fonte: Council Directive 96/96/EC, União Européia, 1996.

Ressalte-se que os efeitos reais de qualquer programa de I/M dependem diretamente da frequência das inspeções periódicas mas não é evidente o conhecimento sobre o que ocorre com as emissões dos veículos durante os intervalos das inspeções.

É exigido que sejam testados, nos veículos, o conteúdo de monóxido de carbono (CO) das emissões de poluentes, com o limite de 3,5% ou 4,5%, dependendo da idade do veículo, ou como resposta aos valores mais restritivos ofertados pela indústria. Em outras palavras, o máximo permitido de conteúdo de monóxido de carbono nos gases emitidos é aquele estipulado pelo fabricante. Caso essa informação não esteja disponível ou caso as autoridades dos países-membro decidirem não utilizá-la como valor de referência, o conteúdo CO não poderá exceder os seguintes limites:

- Para veículos registrados ou utilizados pela primeira vez entre março de 1970 e primeiro de outubro 1986, estes devem cumprir o *Directive 70/220/EEC*, onde o limite de CO é de 4,5% de volume.
- Para veículos registrados ou utilizados pela primeira vez depois de primeiro de outubro de 1986, o limite de CO é de 3,5% de volume.

O conteúdo de monóxido de carbono das emissões de veículos com sistemas avançados de controle de emissões, por exemplo, com catalisadores de três vias é, desde 1997, testado, sendo exigido um limite de 0,3% no caso do teste com alta velocidade. A razão ar/combustível também é testada.

Os veículos a diesel precisam ser testados, verificando a opacidade da fumaça de exaustão. O teste é executado a partir de uma aceleração livre do veículo. O teste se tornou obrigatório a partir de 1996. No caso dos veículos pesados, além da inspeção anual, a proposta da União Européia é que sejam realizadas inspeções surpresa nas ruas, tanto para analisar aspectos de segurança quanto de meio ambiente.

A TABELA 22 apresenta reduções de emissão de poluentes conseguidas por programas de I/M da Suécia e da Suíça considerando apenas veículos leves.

TABELA 22 - Redução das emissões de poluentes dos Programas de I/M da Suécia e da Suíça (para veículos leves somente)

	Redução das emissões de poluentes (%)
Suécia	
CO	20
HC	7
Suíça	
CO	20-30
HC	20-30

Fonte: Faiz, Weaver & Walsh (1998).

Foi elaborado um estudo pelo “Grupo de Trabalho 4 – Inspeção e Manutenção” da Comissão Europeia⁵¹, visando analisar as inspeções de I/M. A seguir são apresentadas as principais conclusões do estudo:

- Veículos com catalisadores de três vias: o teste regular identificou apenas 15% dos veículos como poluidores e resultou em apenas 5% de redução das emissões de poluentes comparados a um cenário sem I/M. Programas mais eficientes poderiam gerar maiores reduções.
- Veículos sem catalisadores: o estudo concluiu que os testes foram bastante eficientes, com, por exemplo, um potencial de redução de 15% das emissões de CO.
- Veículos a diesel: os testes realizados obtiveram resultados de, aproximadamente, 25% em material particulado (MP). Entretanto, poderá ter ocorrido uma superestimação devido ao fato de a amostra ter focado veículos com altos valores de emissão. Cabe acrescentar, entretanto, que devido ao fato de que as partículas ultrafinas estão sendo cada vez mais foco de atenção e que os tratamentos voltados a eliminar fumaça visível são cada vez mais utilizados, os testes de

⁵¹ <http://europa.eu.int/comm/environment/pollutants/inusecars.htm>

opacidade poderão se tornar obsoletos. Estudos estão sendo realizados com o objetivo de estabelecer técnicas para medição de poluentes de veículos a diesel com baixas emissões.

- Sensoriamento Remoto: esse tipo de teste pode medir as emissões de um grande número de veículos sem inconvenientes para o motorista, além de ser um sistema automatizado, com necessidade de pouquíssima mão-de-obra, podendo ser utilizado como complemento a um programa de I/M, e não substituto.

Através dos testes de sensoriamento remoto, foi observado que o número de veículos encontrados com emissão excessiva de poluentes vinha demonstrar que a inspeção regular, bianual, não foi suficiente para assegurar a não deterioração significativa desses, entre os períodos dos testes. O estudo concluiu que os testes de sensoriamento remoto seriam eficientes para complementar os programas regulares de I/M, minimizando os efeitos da falta de manutenção dos veículos e da deterioração da qualidade do ar.

Concluiu-se, também, que os testes de dinamômetro são mais eficientes, além de serem o único método que mensura as emissões de óxidos de nitrogênio. No caso dos veículos a diesel, esses testes também são recomendados.

Uma questão importante, ressaltada pelos estudos europeus, é se as inspeções veiculares, com testes de dinamômetro, continuarão sendo proveitosas, já que os veículos nos próximos anos terão sistemas *On Board Diagnoses* – OBD. No caso dos veículos pesados, os testes mais tradicionais de I/M, incluindo teste no dinamômetro, não são viáveis, sendo que o grande avanço dos programas de I/M nesse caso será a introdução de OBD e, talvez, o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto para veículos a diesel (para medição de emissões de NOx e material particulado).

Além disso, o sistema OBD, provavelmente, não será custo-efetivo no curto e médio prazo, devido aos seguintes fatos:

- Na Europa os sistemas OBD somente serão difundidos após 2005 e serão universais apenas após 2010, sendo que os veículos a diesel demorarão mais, aproximadamente, 5 anos após os veículos de gasolina.
- O sistema pode apresentar falhas após os 80.000 km rodados e também ficar temporariamente desativado em várias circunstâncias.

No caso do sensoriamento remoto, se o mesmo for utilizado para detectar somente os veículos mais poluentes e a seleção for realizada com base em detecções múltiplas (o veículo é detectado em mais de uma passagem), a eficiência por veículo detectado pode ser mais alta. Além disso, dependendo do nível de manutenção da frota, este método pode ser eficiente. Se este método for utilizado para detectar os veículos que emitem apenas um pouco mais que o limite estabelecido, pode gerar erros no sistema. Em outras palavras, o sistema de sensoriamento remoto funciona relativamente bem para detectar veículos com altos níveis de emissão.

3.2.3. ÁSIA

No sul da Ásia, Bangladesh e Sri Lanka apenas em 2002 começaram a desenvolver programas de inspeção. Paquistão possui centros de teste em caráter experimental. No Nepal existem programas de inspeção desde 1996, complementados por inspeções rodoviárias na margem das rodovias (ESMAP, 2002).

A Índia possui um programa de inspeção veicular a nível nacional desde 1980, chamado “*Pollution Under Control*” – PUC. O termo “*inspection and certification (I&C)*” é utilizado na Índia e se refere a um programa de inspeção das emissões veiculares formalmente estruturado, controlado pelo governo, que é aplicado aos segmentos de veículos mais poluentes objetivando a certificação da conformidade dos veículos com relação aos padrões de emissão. Entretanto, o governo não supervisiona diretamente o processo de manutenção veicular.

Segundo Gwilliam *et al* (2003), muitos países não possuem um banco de dados confiável sobre os veículos em circulação, o que é um problema para programas de inspeção e manutenção. Enquanto que novos veículos são até registrados, muitas vezes o sucateamento não é, sendo difícil identificar os veículos que estejam efetivamente em circulação.

Na Índia, não existe um registro anual dos veículos. Os veículos são registrados quando novos e deveriam ser registrados novamente apenas depois de quinze anos, quando são. Isto faz com que seja bastante difícil para o governo obter informações precisas sobre a população de veículos tornando-se difícil conduzir um programa eficiente de inspeção. Assim, as autoridades não conseguem ter certeza de quais veículos ainda estão em circulação não sendo, então, possível estimar a parcela dos veículos que não comparecem às inspeções. Além disso, as informações dos veículos mais antigos, provavelmente os mais poluidores, são ainda menos precisas.

A responsabilidade, no programa indiano, do acompanhamento e administração do mesmo é dividida entre as autoridades nacionais e estaduais. A Comissão Central de Controle de Poluição - SPCB e o Ministério dos Transportes e Estradas são responsáveis pelo equipamento dos testes, pela regulamentação de suas especificações e pela publicação dos limites de emissão. Os limites de 3% de CO para os motores ciclo-otto foram estabelecidos em 1986 e não foram revistos desde então. Segundo ESMAP (2002), existe uma proposta para a redução do limite de CO (incluindo um limite máximo de 0,5% para veículos com catalisadores de três vias) e para a introdução de limites para hidrocarbonetos para veículos com ciclo-otto fabricados depois de abril de 2000 e equipados com catalisadores.

A implantação propriamente dita dos programas de inspeção fica a cargo dos estados, os quais precisam atender aos requerimentos mínimos especificados pelo governo central. As comissões estaduais de controle de poluição e o Ministério dos Transportes e Estradas podem implantar programas mais rigorosos caso desejarem.

Qualquer empresa proprietária de uma oficina mecânica ou posto de combustível pode requerer uma autorização para se tornar centro de testes do programa indiano. Não existe uma supervisão adequada dos centros de testes, que podem ser unidades fixas ou móveis. Apesar de serem, em princípio, apenas centros de testes, na prática permite-se que os mesmos realizem pequenos ajustes de motores para que os veículos testados sejam aprovados.

As taxas a serem pagas pelos proprietários dos veículos para a realização dos testes variam de cidade para cidade, variando de, aproximadamente, US\$0,40 para veículos de duas rodas até US\$1,40 para caminhões. Não existe controle do número de centros aprovados.

Os problemas encontrados pelos autores com relação aos centros de testes são a falta de treinamento dos técnicos e de procedimentos dos testes e de operação, a ausência de auditorias independentes, falta de calibração de equipamentos, e quase nenhuma aplicação de penalidades fazendo com que os centros de testes emitam certificados fraudulentos com impunidade. Os centros de testes deveriam ter um contrato anual de manutenção com os seus fornecedores de equipamento que

incluíssem calibração dos instrumentos a cada seis meses. Na prática somente poucos centros têm este tipo de contrato devido ao custo. Não existe um programa governamental de auditoria da calibração dos equipamentos. Nenhum centro visitado pelos autores possuía gases de calibração ou filtros.

O governo indiano não controla a emissão de certificados. Na Nova Delhi cada centro imprime seus próprios certificados. Em outras cidades, associações de proprietários de centros de testes coordenam as impressões dos certificados. Nenhum documento ou informação é gerado pelos centros de testes para uso do governo ou supervisão.

Além disso, existem os adesivos de pára-brisa, também impressos pelos centros de testes ou associações. Os mesmos não são elaborados para facilitar a fiscalização, o seu desenho gráfico não varia de período a período, fazendo com que fique muito difícil para um fiscal diferenciar um adesivo válido ou já fora da validade.

Os testes de emissão dos veículos ciclo-otto, tanto movidos a gasolina quanto a combustíveis gasosos, são realizados a partir da medida das concentrações de CO entre 600 e 1200 rotações por minuto (rpms). Analisadores de dois gases HC/CO certificados para analisar apenas CO são utilizados. Outros gases ou outros valores de rpm não são analisados. A decisão de quando e como ocorrerá a leitura das medidas é deixada a cargo de cada realizador de teste individualmente.

Uma deficiência de procedimento dos testes indianos é que a diluição do gás não é controlada. Diluindo o gás de escapamento com ar limpo, o que pode ocorrer facilmente através da retirada parcial da sonda do cano de descarga, reduz a leitura e possibilita veículos sujos serem aprovados irregularmente. A única forma de prevenir a diluição do gás é a requisição da medição de oxigênio (O_2) e de CO_2 para corrigir as leituras e especificar os valores limites para os quais o teste é válido. Portanto, enquanto a Índia caminha para a determinação de limites de CO e HC para veículos ciclo-otto, analisadores certificados para quatro gases (CO, HC, CO_2 e O_2) deverão ser utilizados nos testes. Testar os veículos em dinamômetros e determinar limites de óxidos de nitrogênio em adição a CO e HC, seria mais apropriado. Para isto seria necessária a instalação de dinamômetros nos centros de testes e analisadores certificados para cinco gases (CO, HC, NO, O_2 e CO_2).

Todos os dados dos testes são registrados manualmente. Os técnicos podem, então, registrar informações diferentes das leituras dos testes ou registrar resultados de testes sem ligar o analisador, como ocorre freqüentemente.

Para que um programa como esse tenha boa qualidade e obtenha sucesso é necessária uma equipe bem treinada em conjunto com a existência de sistemas de tecnologia da informação que facilite a competência técnica e minimize as chances de corrupção. Também é necessária a implementação de modificações nos procedimentos dos testes e dos limites de emissão. Existem apenas quatro inspetores em Nova Delhi para visitar bimestralmente os 430 centros de testes e checar suas operações.

Na prática o programa indiano, PUC, não é muito abrangente em parte devido à falta de recursos. Como resultado a maior parte dos veículos na Índia nunca teve suas emissões testadas ou recebeu certificados. Informações detalhadas sobre tamanho e composição da frota não se encontra prontamente disponível. O sucateamento dos veículos é pouco registrado então informações sobre veículos antigos, que seriam alvo prioritário do PUC, não são muito precisas.

3.2.4. AMÉRICA LATINA

A Argentina e o Chile já iniciaram os respectivos programas de inspeção técnica com algum sucesso. Filho e Novaes (2001) realizaram um estudo apresentando os principais aspectos dos programas de I/M argentino e chileno, descritos a seguir.

Na Argentina o programa teve início em 1991. A regulamentação é federal, mas cada província pode adaptar as características do programa às suas condições específicas, como por exemplo, no estabelecimento do período e isenção inicial para veículos novos (três anos na Lei Federal) e na periodicidade da inspeção. Conseqüentemente pode haver diferenças entre os programas das diversas províncias. No momento, cerca de 75% da frota do país, estimada em, aproximadamente, sete milhões de veículos, é submetida periodicamente às inspeções técnicas.

Atualmente, a Província de Buenos Aires é a única que possui um sistema completo de controle da frota em circulação. Para coordenar as ações do programa foi criado o *Ente Regulador de la Verificación Vehicular*, que tem como missão assegurar a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias e zelar para que o usuário, que paga pelo serviço, receba uma correta e satisfatória atenção.

A Província foi dividida em onze empresas concessionárias. Cada proprietário deve, obrigatoriamente, realizar a inspeção de seu veículo no local onde ele está registrado. O prazo do contrato das concessionárias é de vinte anos. A política de preços aos usuários é fixada pelo governo, sendo única em toda a província por categoria de serviço. Cabe ressaltar que as concessionárias estão impedidas de realizar quaisquer reparos no veículo, com exceção da regulagem de motores de veículos carburados.

O atendimento de áreas remotas com baixa densidade de veículos é realizado por estações móveis. Além disso, o controle do trânsito – sinalização, operação e fiscalização, é de responsabilidade dos governos municipais. Cada linha de inspeção

na Argentina possui um manual de procedimentos padrão, que abrange itens de inspeção, equipamentos e classificação dos defeitos.

Os equipamentos exigidos em uma linha são: analisador de gases, opacímetro, decibelímetro, frenômetro, banco de suspensão, placa de alinhamento de direção, placas de verificação de folgas, e elevador (ou fossa de inspeção). No início do controle, houve um enorme índice de reprovação dos veículos, com a exigência do cumprimento pleno do manual de procedimentos. Nessa ocasião oito em cada dez veículos foram reprovados. Em face da inviabilidade de sustentação dessa situação, foi introduzida pelo Ente Regulador uma flexibilidade na exigência das disposições do manual.

Esses critérios são revistos periodicamente, com o aumento do rigor exigido na inspeção. As inspeções são realizadas por técnicos em veículos automotores, formados em escolas técnicas. A seleção e o treinamento dos técnicos é de responsabilidade de cada concessionária. O treinamento não possui um sistema de credenciamento ou certificação por parte do *Ente Regulador*, apenas um cadastro atualizado de todos os inspetores. A responsabilidade técnica do programa deve ser de um engenheiro.

Quanto aos aspectos operacionais, a configuração de uma linha de inspeção, abrangendo a disposição de equipamentos e o número e a distribuição de inspetores varia de acordo com a tecnologia de cada empresa. Na Argentina, o custo médio estimado para a instalação de uma estação, segundo os autores, é de US\$ três milhões.

Os benefícios gerais decorrentes do programa, apontados pelo estudo, foram:

- Benefícios para a comunidade: menor sinistralidade; menor contaminação atmosférica; menores custos hospitalares e de atendimento de emergências; novos postos de trabalho diretos e indiretos; economia de fontes de energia não renováveis.

- Benefícios para o Estado: preservação da segurança viária e do meio ambiente; recebimento de impostos diretos e indiretos; recebimento da taxa de concessão; criação de um banco de dados da frota; redução da evasão de arrecadação relativa à frota.
- Benefícios para o proprietário: segurança própria e da família; menos consumo de combustível; maior valor de revenda do veículo; diagnóstico do veículo e menores custos de reparação; menores custos com seguros.

O *Ente Regulador* controla o programa através da execução de visitas mensais às estações e de outras não programadas, onde são observados tanto os procedimentos técnicos associados à inspeção de veículos propriamente dita, como os aspectos administrativos da estação. Além disso, há uma inspeção semestral para verificação da calibração dos equipamentos.

O *Ente Regulador* recebe as informações geradas em cada estação e analisa estatisticamente os dados. Além disso, o controle do sistema em Buenos Aires é complementado por fiscalizações aleatórias na via pública, exercidas pela polícia, onde são identificados veículos fora das condições de uso, mesmo tendo passado pelas inspeções, e veículos que não se apresentaram à inspeção.

O estudo apontou algumas falhas do programa argentino, como por exemplo, apesar de o programa ser instalado na maior parte do país, ainda existem grandes áreas descobertas. Essa situação gera conflitos com a migração da frota, seja na alteração da localidade de registro para ficar dispensado da vistoria, seja para aqueles veículos reprovados, que assim são comercializados em áreas sem controle. Além disso, o sistema ainda não exige o cumprimento pleno da legislação de trânsito, em face da avançada idade média da frota e da impossibilidade de reparação completa de toda a frota no curto prazo. O programa argentino se encontra em fase de consolidação.

Com relação ao programa de I/M do Chile, o mesmo foi regulamentado em 1990 na sua concepção atual, a qual prevê avaliações por instrumentos e integradas. O programa foi instalado em 1997, abrangendo quatro das treze zonas administrativas e

atingindo significativa parcela da frota do país de 1,5 milhão de veículos. Nas demais zonas há um controle visual da frota circulante. A região metropolitana de Santiago possui um sistema completo de inspeções. A Cidade de Santiago, abrangendo os municípios vizinhos, é a região do país mais crítica em termos de contaminação atmosférica, principalmente em decorrência do grande número de veículos em circulação. Essa situação é agravada pelas condições climáticas e pelo relevo da região, dificultando a dispersão de gases poluentes.

No Chile, o responsável pela condução do programa de I/M é o Ministério dos Transportes e Telecomunicações. Existe uma concessão para os serviços em cada uma das quatro zonas administrativas onde seus sistemas de inspeção veicular são mecanizados.

Houve uma subdivisão da região em quatro áreas (Oriente, Centro/Norte/Ocidente, Sul/Ocidente e Sul). O sistema é de livre concorrência, com preços livres, desde que sejam respeitados os limites máximos estabelecidos na licitação e no contrato de concessão. Os prazos de concessão estabelecidos nos contratos em andamento são de cinco anos, a partir da formalização do contrato, podendo ser prorrogados por mais dez meses.

Segundo o estudo, a regulamentação estabelece uma periodicidade de inspeção de acordo com a categoria e o uso do veículo:

- Táxis, ônibus e caminhões, a inspeção tem uma validade de seis meses.
- Frota particular tem inspeção anual. Para os veículos particulares, há uma isenção inicial que varia de 24 a 36 meses.

Cabe ressaltar que, com o objetivo de assegurar a independência e isenção na inspeção, no processo seletivo das concessionárias houve restrição à participação de empresas que pudessem enviar as análises. Diante deste fato, empresas relacionadas ao setor automotivo, tais como montadoras, importadoras, concessionárias, oficinas, frotistas, empresas de transporte, entre outros, estão

excluídos do sistema. As concessionárias estão impedidas de realizar quaisquer intervenções no veículo.

O mínimo de equipamentos exigido em uma linha de inspeção é: aparelho para verificação da pressão dos pneus, compressor de ar, profundímetro, frenômetro de rolos, medidor do alinhamento de rodas, banco de prova de suspensão, detector de folgas, analisador de gases, opacímetro, regloscópio com luxímetro, macaco com capacidade mínima de cinco toneladas e medidor da verificação do ângulo de giro (os dois últimos somente para veículos denominados *tipo A22*⁵²).

A responsabilidade técnica do programa por parte de cada concessionária é de um engenheiro civil mecânico ou civil industrial, o que equivale a um engenheiro mecânico pleno no Brasil. Em cada estação de inspeção, o responsável deve ser um engenheiro de execução mecânico, equivalente a um tecnólogo ou engenheiro operacional no Brasil. Os inspetores do programa devem ser técnicos de nível secundário na especialidade de mecânica, ou com comprovação de desempenho de atuação como mecânico.

A configuração básica da linha de inspeção abrange três estágios: inspeções visuais (fossa de inspeção), inspeções mecanizadas (frenômetro, banco de suspensão, alinhamento) e inspeções de emissões e de luzes.

As informações das inspeções visuais são introduzidas no sistema informatizado por meio de digitação dos códigos dos defeitos. Os dados resultantes das inspeções realizadas são armazenados em cada estação e são enviados diariamente para uma empresa que procede a consolidação das informações e, posteriormente, as envia ao Ministério responsável. As tarifas por categoria de veículo são as definidas na proposta da concessionária e no contrato de concessão. Assim, os preços são diferentes nas estações de cada concessionária.

⁵² Veículos médios e pesados de passageiros com mais de nove assentos, veículos médios e pesados de carga com capacidade maior de 1.750 kg, táxis, veículos de auto-escolas, veículos de transporte escolar, reboques e semireboques e máquinas.

De acordo com os autores, o valor médio de uma inspeção em veículo leve é de, aproximadamente, US\$ 21,50 e de um ônibus, aproximadamente US\$ 39,30. Os índices de reprovação relativos aos veículos leves no Chile variam de 25% a 30%. Os principais motivos de reprovação são as emissões de gases e de luzes. Para os táxis e veículos de transporte escolar, o índice de reprovação é de 40%, sendo os principais motivos as emissões e os freios. No caso dos ônibus, devido à elevada idade média da frota, o índice de reprovação atinge 80%, sendo os principais motivos de reprovação as emissões de gases, o sistema de direção e a carroceria. Ou seja, as emissões sempre aparecem como principais motivos de reprovação, o que mostra a importância dos programas de I/M para o controle da poluição atmosférica.

A partir do início do programa, houve uma significativa renovação da frota, principalmente pela obrigação de inspeções freqüentes para os veículos com tecnologia mais antiga, sem catalisadores.

Não há estudos consistentes, segundo os autores, relacionados à redução da poluição atmosférica decorrente do programa de I/M. O programa de I/M do Chile engloba auditorias do Ministério, através de inspeções regulares às estações, periódicas, programadas e aleatórias. Nessas inspeções é verificado o cumprimento dos procedimentos técnicos e administrativos do programa assim como as calibrações dos equipamentos.

Por fim, o programa chileno ainda não exige o cumprimento pleno da legislação de trânsito no instante da inspeção, ficando o usuário notificado da existência de eventuais defeitos menores, que deverão ser obrigatoriamente reparados. Além disso, na concepção atual, que inclui verificações mecanizadas e sistematizadas, o programa chileno está implantado nas principais regiões do país, mas existem grandes áreas não cobertas pelo programa de inspeções mecanizadas, sendo exercido apenas inspeção visual nessas regiões.

No México foi implantado um Programa de Inspeção e Manutenção em outubro de 1996 na Cidade do México. Até 1998, o Programa apenas media emissões de HC e CO. Em 1998 foi incluída a medição de NOx através da utilização de dinamômetro.

Em cada teste os dados de cada veículo são registrados. Esses dados incluem a identificação do proprietário do veículo, a leitura do odômetro, e as concentrações de CO, HC, NOx, CO₂ e oxigênio em marcha lenta e 2300 rpms. O histórico é apresentado a seguir.

O programa de I/M Cidade do México é considerado um dos programas que obtiveram sucesso nos países em desenvolvimento. O governo local iniciou o programa em 1982 na forma de um exercício voluntário. O programa sofreu inúmeras mudanças desde então, adotando procedimentos com maior credibilidade e mais restritivos com o objetivo de reduzir o número de veículos que obtém passes falsos (Gwilliam *et al*, 2003).

O sistema de inspeção e manutenção da Cidade do México demonstrou que estações de testes centralizados que atendam grandes quantidades de veículos tendem a ser mais eficientes do que pequenas estações e garagens descentralizadas de inspeção e reparo dos veículos. Devido à disponibilidade de quantidade limitada de recursos, talvez seria aconselhável concentrar os recursos em categorias de veículos que rodam mais e são mais poluentes ao invés de testar todos os veículos todos os anos.

As inspeções anuais, tornadas obrigatórias em 1988 para alguns ano-modelo de veículos, foram inicialmente conduzidos por centros de testes operados pelo governo local, mas após um breve período garagens independentes voltadas para a realização de testes e manutenção foram autorizadas. Em 1991 foi proposta a criação de grandes centros de inspeção (“macrocentros”), que não realizariam manutenção, os quais seriam equipados com dinamômetros.

Em 1993, 500 centros de testes e manutenção e 24 “macrocentros”, todos de propriedade privada, estavam em operação. Estas duas formas de inspeção, com pequenas garagens e macrocentros, sendo que nas primeiras era realizada também a manutenção veicular, permitiram uma comparação direta de ambos os sistemas.

Os centros de testes e reparos (garagens) eram convenientes para os proprietários dos veículos porque forneciam uma praticidade de poder realizar os testes, e se necessário for, o reparo no mesmo local. Como resultado a maior parte dos proprietários individuais de veículos freqüentavam as garagens de teste e reparo enquanto que os veículos que não eram de propriedade privada tinham que realizar seus testes nos “macrocentros” para se submeterem aos testes com dinamômetro, os quais não eram disponíveis nas garagens de teste e reparo.

Do ponto de vista do controle da qualidade, os “macrocentros” eram muito mais fáceis do governo supervisionar. Além disso, permitiam um maior controle técnico e administrativo. Os proprietários desses “macrocentros” eram concentrados em poucos grupos industriais especializando-se em inspeções de emissões, facilitando a adoção de novas tecnologias e gerando resultados mais uniformes entre os centros.

Ao longo do tempo, a qualidade dos testes das garagens de testes e de reparos decaiu. Existia um excesso de garagens desse tipo, aumentando o incentivo à fraude. As garagens descobriram que podiam conseguir mais dinheiro através dos cortes nos custos dos serviços de reparo se adulterassem os testes de emissão. A situação se deteriorou de tal forma que uma estimativa de, aproximadamente, 50% dos veículos que realizavam os testes nas garagens de testes e reparos eventualmente obtinham seus certificados de forma fraudulenta. A opinião pública era de que o programa era altamente deficiente em termos de controle das emissões e estava próximo ao fim.

Esses problemas conduziram a uma completa reestruturação do programa em 1995. Apesar da oposição política, as licenças dos 600 estabelecimentos de testes e reparos (garagens) foram canceladas enquanto que a quantidade de “macrocentros” foi elevada. Uma série de garantias de controle da qualidade e mudanças técnicas foram adicionadas às operações nos “macrocentros” e foram denominados de “centros de verificação”.

Em adição a alguns ajustamentos nos procedimentos técnicos, os “centros de verificação” introduziram precauções para prevenir que indivíduos responsáveis pela realização dos testes ofereçam certificados falsos. Para isto os técnicos não tinham acesso aos resultados dos testes, os quais eram disponíveis somente no final. Além

disso, foi implantado um monitoramento dos testes por um computador central e vídeo. Foram realizadas, também, auditorias técnicas periódicas nos “centros de verificação” pelos inspetores do governo. Devido a essas ações, as estatísticas de reprovação nos testes aumentaram substancialmente.

Apesar dessas medidas de controle de qualidade, ainda ocorria fraude. Em 2001 o governo determinou uma multa de até US\$ 40.000,00 para centros de testes localizados no Distrito Federal da Cidade do México que não seguissem os procedimentos dos testes e administrativos.

Segundo Gwilliam *et al* (2003), a experiência da Cidade do México mostrou que para um programa de I/M ser efetivo, é necessário o cumprimento de diversas condições:

- O Governo precisa ser capaz de investir os recursos necessários, de pessoal e em sistemas de auditoria e de supervisão dos programas para garantir seus objetivos e transparência. Isto inclui a utilização de software centralizado que controla não apenas a entrada, armazenamento e análise de dados, mas calibração dos equipamentos e protocolo dos testes.
- Legislação precisa ser estabelecida que permita a aplicação de sanções caso os testes não sejam efetuados de forma correta. As estações de testes precisam ser sujeitas ao monitoramento por órgãos independentes e, no caso do não cumprimento de alguma determinação, sanções precisam ser aplicadas.
- Os protocolos dos testes precisam ser projetados para minimizarem as chances de técnicos aprovarem, falsamente, veículos que seriam reprovados.
- O certificado emitido na aprovação do teste deve ser fácil de ser monitorado e um número suficiente de fiscais (guardas de trânsito, etc.) deve assegurar que o máximo de veículos que não estejam conforme sejam penalizados.
- A multa por não ter ou não disponibilizar um certificado legal da inspeção de emissões deve ser alta o suficiente para incentivar o cumprimento do programa.
- Todos os centros de testes deverão ser sujeitos igualmente à implementação de protocolos e inspeções de seus procedimentos, caso contrário proprietários dos veículos mais poluentes poderiam facilmente identificar os centros que poderiam “abrandar” os resultados dos testes.

- O número ótimo de centros de inspeção com relação à quantidade de veículos a serem inspecionados deveria ser licenciado. Isto evitaria uma oferta excessiva de pequenos centros de testes que poderia ocasionar uma redução do rigor dos centros com o objetivo de aumentar sua participação do mercado.

3.3. A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

3.3.1. REGULAMENTAÇÃO FEDERAL

A Resolução CONAMA⁵³ nº 18, de 6 de maio de 1986, que instituiu em caráter nacional o PROCONVE no Brasil⁵⁴ determina que também deveriam ser criados programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso como uma das medidas para redução das emissões de poluentes pelos veículos automotores. A Resolução CONAMA nº 7 de 31 de agosto de 1993, instituiu a inspeção periódica das emissões de poluentes do veículo e condiciona o licenciamento anual à sua aprovação.

Também de significativa relevância, algumas Resoluções do CONAMA devem ser mencionadas: a Resolução nº. 15, de 29 de setembro de 1994, vincula a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso – I/M à elaboração, pelo órgão ambiental estadual, de Plano de Controle da Poluição por Veículo em Uso – PCPV. A Resolução nº. 18, de 13 de dezembro de 1995, determina que a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso – I/M somente poderá ser realizada após a elaboração de Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV – em conjunto pelos órgãos ambientais estaduais e municipais.

A Resolução nº. 227, de 20 de agosto de 1997, regulamenta a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M, determinando que programas de I/M para inspeção de emissões de poluentes e ruído sejam implantados prioritariamente em regiões que apresentem comprometimento da qualidade do ar devido às emissões de poluentes pela frota circulante, a critério e sob responsabilidade dos órgãos ambientais estaduais e municipais.

⁵³ Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA

⁵⁴ Detalhes do PROCONVE foram apresentados no Capítulo 2.

Pode-se destacar a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, do Código de Trânsito Brasileiro, o qual no seu artigo 104 determina que os veículos em circulação terão suas condições de segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruído avaliadas mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo CONTRAN para os itens de segurança e pelo CONAMA para emissão de gases poluentes e ruído. A Lei determina que ao licenciar o veículo, o proprietário deverá comprovar sua aprovação nas inspeções de segurança veicular e de controle de emissões de gases poluentes e de ruído.

A Resolução nº. 251, de 07 de janeiro de 1999, estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para avaliação do estado de manutenção dos veículos automotores do ciclo diesel. A Resolução nº 252, de 07 de janeiro de 1999, estabelece, para os veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso, regulamentando o Artigo 104 do Código Nacional de Trânsito.

Cabe destacar a Resolução nº 256, de 30 de junho de 1999, que determina que caberá aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente a responsabilidade pela implementação das providências necessárias a consecução das inspeções de emissões de poluentes e ruído. Determina também que caberá ao órgão estadual de meio ambiente, em articulação com os órgãos municipais de meio ambiente envolvidos, a responsabilidade pela execução de programas de I/M. Os municípios, com frota total igual ou superior a três milhões de veículos poderão implantar programas próprios de I/M, mediante convênio específico com o Estado. Fica concedido o prazo de dezoito meses a partir da data da publicação da Resolução para que estados e municípios atendam ao disposto nas Resoluções nº 7/1993 e nº 18/1995, implantando os programas de inspeção e manutenção de veículos definidos nos planos de controle da poluição por veículo em uso. Na hipótese da entidade governamental optar pela execução indireta, fica estabelecido um prazo adicional de um ano, prorrogável por mais seis meses, para a efetiva implementação do programa de I/M.

Ressalte-se que, vencido o prazo, sem que os órgãos executores tenham conseguido atender às metas, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA assumirá a tarefa de implantar o Programa de I/M, realizando todos os atos e formalidades técnicas, administrativas e jurídicas necessários e terá os mesmos prazos a partir da data que assumir os serviços. Considerando que, com exceção do Estado do Rio de Janeiro, nenhum outro estado ou município implantou um programa de I/M dentro do prazo estabelecido na Resolução, prazo máximo até junho de 2002, foi atribuída ao IBAMA esta tarefa com o prazo máximo até junho de 2005.

Cabe destacar, também, a Lei nº. 10.203/2001, que dá autonomia aos governos estaduais e municipais de estabelecer normas e medidas adicionais de controle da poluição do ar para veículos automotores em circulação. Também estabelece que os municípios com frota superior a três milhões de veículos poderão implantar programas próprios de inspeção periódica de emissões de veículos em circulação, através de processos e procedimentos diferenciados, além de limites e periodicidade mais restritivos.

Por fim, em novembro de 2004 foram definidas, através de Resolução do CONAMA, as características técnicas do sistema de diagnose a bordo (OBD) que será implementado em veículos para maior controle da poluição, no âmbito do PROCONVE. Com a Resolução, veículos leves deverão possuir sistemas para controlar e avaliar o funcionamento dos equipamentos que reduzem a poluição. A aquisição da nova tecnologia será feita em duas fases. A partir de 2007, todos os automóveis deverão possuir sistemas indicando se os dispositivos para redução de emissão de gases poluentes estão ativos ou inativos; e, a partir de 2010, os sistemas deverão indicar também falhas e mau funcionamento dos equipamentos.

Dentre as Resoluções do CONAMA apresentadas, é importante detalhar os principais pontos abordados pela Resolução nº 7/93, a qual define as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso, além de pontos abordados nas Resoluções nº 227/97 e nº 256/99.

Segundo Resolução nº 7/93, os limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo Otto são (Tabelas 23 e 24)⁵⁵:

TABELA 23 - Limites para fins de inspeção de veículos leves do ciclo OTTO

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

Fonte: CONAMA, 1993

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

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

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

TABELA 24 - Combustível não queimado não corrigido – HC exaustão marcha lenta e 2.500 rpm

	Limites	
Combustível	Gasolina ou GNV (ppm)	Álcool/ Mistura ternária (ppm)
Todos Ano-modelo	700	1.100

Fonte: CONAMA, 1993.

Segundo a Resolução, os programas de I/M deverão ser dimensionados, prevendo a construção de linhas de inspeção para veículos leves e pesados, na proporção adequada à frota alvo do programa e as inspeções deverão ser realizadas em centros de inspeção distribuídos pela área de abrangência do programa.

⁵⁵ Marcha lenta é o regime de trabalho em que a velocidade angular do motor especificada pelo fabricante deve ser mantida durante a operação do motor sem carga e com os controle do sistema de alimentação

A periodicidade da inspeção será definida pelos órgãos estaduais e municipais competentes e deverá ser de, no máximo, uma vez a cada ano, podendo, contudo, ser previsto uma frequência maior, no caso de frotas urbanas de uso intensivo.

Deverá ser estabelecido um critério de rejeição/aprovação/reprovação dos veículos inspecionados nos Programas de I/M de forma que, se o veículo for reprovado em um único item relativo à inspeção visual, ou aos parâmetros medidos, será rejeitado/reprovado na inspeção. Deverá, também, ser estabelecida vinculação dos Programas de I/M com o sistema de licenciamento anual dos veículos de forma que os veículos reprovados na inspeção não recebam autorização para circulação.

Em caso de aprovação deverá ser fornecido o Certificado de Aprovação do Veículo, indicando os itens inspecionados e os respectivos resultados. Em caso de rejeição/reprovação deverá ser fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo com a indicação do(s) item(ns) reprovado(s). Os veículos rejeitados/reprovados deverão sofrer os reparos necessários e retornar para reinspeção.

Com relação aos Centros de Inspeção, a Resolução determina que:

- Deverão ser construídos em locais escolhidos adequadamente para que seu funcionamento não implique em prejuízo do tráfego em suas imediações. Deverão possuir área de estacionamento para funcionários e visitantes, área de circulação e espera dos veículos, área coberta para serviços gerais e administrativos e instalações para guarda de materiais, peças de reposição e gases de calibração.
- Deverão ser cobertos, possibilitando o desenvolvimento das atividades de inspeção, independentemente das condições climáticas e dispor de ventilação adequada para permitir a inspeção de veículos com o motor ligado.
- Deverão ser adequadamente dimensionados e possuir sistema de múltiplas linhas de inspeção de modo a evitar interrupções das atividades e filas com tempo de espera superior a 30 minutos.

- Deverão funcionar em regime de horário que possibilite atendimento adequado aos usuários.
- Todas as atividades de coleta de dados, registro de informações, execução dos procedimentos de inspeção, comparação dos dados de inspeção com os limites estabelecidos e fornecimento de certificados e relatórios, deverão ser realizadas através de sistemas informatizados.
- Os sistemas deverão permitir o acesso em tempo real aos dados de inspeção em cada linha, bem como o controle do movimento diário, pela unidade de supervisão do Programa, que deverá estar permanentemente interligada com os centros de inspeção.
- Os sistemas devem ser projetados e operados de modo a impedir que os operadores de linha tenham acesso a controles que permitam a alteração de procedimentos ou critérios de rejeição/aprovação/reprovação.
- Somente os operadores certificados poderão ter acesso ao sistema de operação das linhas de inspeção, através de código individual.
- As linhas de inspeção deverão ser operadas por pessoal devidamente treinado e certificado para o desenvolvimento das atividades de inspeção.
- É de responsabilidade do órgão ou empresa responsável pela operação do Programa a certificação de operadores de linha dos centros de inspeção.
- Os operadores de linha deverão ser certificados periodicamente, para atualização em novas tecnologias empregadas para o controle das emissões de poluentes pelos veículos.
- Nenhum serviço de ajuste ou reparação de veículos poderá ser realizado nos centros de inspeção. Os operadores de linha e o pessoal de apoio e supervisão não poderão recomendar empresas para realização dos serviços.

Os equipamentos utilizados na inspeção de veículos leves do Ciclo Otto deverão apresentar as seguintes características:

- Os analisadores de CO, HC e CO₂ devem utilizar a tecnologia de absorção de infravermelho.

- Os analisadores de gases devem possuir sistema adequado de verificação e eliminação automática de aderência de HC no sistema de amostragem.
- Os equipamentos utilizados para a medição de CO, HC, CO₂, velocidade angular do motor e nível de ruído, devem estar sempre calibrados, possuir funcionamento automático e não devem permitir a interferência do operador no registro dos valores medidos.
- Os resultados da inspeção devem ser impressos em formulários próprios indicando os itens inspecionados.
- Os centros de inspeção deverão manter equipamentos de reserva calibrados e estoque de peças de reposição, de modo a garantir que eventuais falhas de equipamentos não venham provocar paralisações significativas na operação das linhas de inspeção.
- O órgão ou empresa responsável pela operação do Programa deverá realizar verificações periódicas da calibração e manutenção geral dos equipamentos utilizados nos centros de inspeção, bem como desenvolver programas de auditoria de equipamentos e procedimentos, conforme os critérios estabelecidos pelos órgãos ambientais.

Os principais procedimentos de inspeção, segundo a Resolução, são os seguintes:

- Previamente à inspeção, deverá ser apresentada a documentação de identificação do veículo para registro.
- Os veículos equipados para operar, por opção do usuário, com mais de um tipo de combustível, deverão ser testados com todos os tipos de combustíveis previstos.
- Após o registro dos dados do veículo, os operadores de linha deverão verificar se o veículo apresenta funcionamento irregular do motor, emissão de fumaça visível (exceto de vapor de água), vazamentos aparentes e alterações no sistema de escapamento. Constatados quaisquer desses problemas, o veículo será considerado rejeitado e será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.

- No caso do veículo não ter sido rejeitado, será submetido a uma inspeção visual dos itens de controle de emissão.
- Após a inspeção visual deverá ser medido o nível de ruído na condição parado nas proximidades do escapamento.
- Previamente à medição dos gases de escapamento, deverá ser realizada a descontaminação do óleo do cárter mediante a aceleração com o veículo parado, em velocidade angular constante, de aproximadamente 2500 rpm, sem carga e sem uso do afogador, durante um período mínimo de 30 segundos.
- Logo após a descontaminação do óleo de cárter, deverão ser realizadas as medições dos níveis de concentração de CO, HC e diluição dos gases de escapamento do veículo a 2500 rpm $\pm$ 200 rpm sem carga. Em seguida são medidos os valores das concentrações de CO, HC e diluição em marcha lenta. Em caso de aprovação, será emitido o certificado de Aprovação do Veículo. Em caso de reprovação em qualquer um dos itens inspecionados, exceto as concentrações de CO e HC, o veículo será reprovado e será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.
- Se os valores medidos de CO e HC não atenderem aos limites estabelecidos, o veículo será pré-condicionado mediante a aceleração em velocidade angular constante de aproximadamente 2500 rpm sem carga e sem uso de afogador durante 180 segundos e novas medições de CO, HC e diluição a 2500 rpm $\pm$ 200 rpm sem carga e marcha lenta serão realizadas. Se os novos valores medidos atenderem aos limites estabelecidos, o veículo será aprovado e será fornecido o Certificado de Aprovação do Veículo. Em caso de reprovação, será fornecido o Relatório de Inspeção do Veículo.

Além das diretrizes básicas determinadas na Resolução nº 7/93, a Resolução nº 227/97 estabelece que, atendida a legislação pertinente e as normas locais, a implantação e a execução dos Programas de I/M poderão ser realizadas por empresas ou entidades com experiência comprovada na área, especialmente contratadas e credenciadas pelos órgãos ambientais ficando sob a responsabilidade destes, a supervisão, auditoria, acompanhamento e controle do Programa.

A Resolução nº 256/99 determina que as inspeções sejam realizadas por profissionais regularmente habilitados em cursos de capacitação específicos para programas de I/M. O inspetor de controle de emissões veiculares, para atuar em uma estação, deve atender aos seguintes requisitos:

- Possuir carteira nacional de habilitação;
- Ter escolaridade mínima de segundo grau;
- Ter curso técnico completo em automobilística ou mecânica, ou experiência comprovada no exercício de função na área de veículos automotores superior a um ano;
- Ter concluído curso preparatório para inspetor técnico de emissões veiculares;
- Não ser proprietário, sócio ou empregado de empresa que realize reparação, recondicionamento ou comércio de peças de veículos.

A avaliação da qualificação técnica será realizada mediante exame de conhecimentos teóricos e práticos, de acordo com procedimentos estabelecidos pelo poder público responsável.

A Resolução, também, estabelece que o valor dos serviços de inspeção I/M será cobrado como preço público fixado pelo órgão responsável que também definirá os procedimentos de reajuste e revisão.

Os serviços poderão ser contratados pelo poder público para execução indireta ou ser executados diretamente. Na hipótese da execução indireta, os sócios da concessionária ou outra forma de contratação prevista em lei, tanto pessoas físicas quanto jurídicas, não poderão ter qualquer vínculo societário com empresas de comércio de veículos, prestadoras de serviços de manutenção ou fornecimento de peças de reposição.

Por fim, os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente poderão, mediante acordo específico, com a anuência de todos os partícipes, celebrar convênio, com o órgão executivo de trânsito da União, Departamento Nacional de Trânsito -

DENATRAN, objetivando a execução, por delegação, das inspeções de emissões de poluentes e ruído, por meio de empresas por ele selecionadas, mediante processo licitatório.

A seguir são apresentadas algumas propostas brasileiras em vias de implementação e a experiência do Programa do Estado do Rio de Janeiro, único em vigor no país.

3.3.2. PROPOSTAS BRASILEIRAS EM VIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

Município de São Paulo

Está prevista para maio de 2005 a implantação pela Prefeitura Municipal de São Paulo de um Programa de Inspeção e Manutenção Veicular, atendendo aos dispostos nas Resoluções CONAMA. O programa previsto será obrigatório para todos os veículos de combustão interna registrados no Município, leves e pesados, e o licenciamento anual será vinculado à aprovação na vistoria.

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 dois anos.

A inspeção deverá ser realizada de forma um pouco diferente da adotada no Rio de Janeiro (detalhada a seguir), na qual o proprietário finaliza a vistoria com o seu CRLV (Certificado de Registro de Licenciamento do Veículo) novo em mãos. Como não há um convênio com o DETRAN de São Paulo, ao final da inspeção o proprietário receberá um certificado que deverá ser encaminhado para o DETRAN para a emissão do CRLV. O serviço de inspeção será realizado por empresa privada através do regime de concessão.

Os veículos receberão em São Paulo um “selo ambiental” a ser colado no veículo, que facilitará o trabalho da fiscalização. A inspeção será dividida em três fases: inspeção visual do estado geral do veículo e dos sistemas de controle de emissões, medição de ruídos e inspeção de emissões, conforme previsto nas Resoluções CONAMA.

Veículos “rejeitados” (que apresentam não conformidades na inspeção visual) ou “reprovados” (que apresentam não conformidades nas inspeções de ruídos e/ou de emissões) deverão receber um laudo com orientações sobre os problemas

encontrados e possíveis causas e soluções, devendo efetuar os reparos necessários e retornar em até trinta dias para dar continuidade ao processo de inspeção, sem ônus, ou com o pagamento de uma nova tarifa depois de decorrido o prazo de trinta dias.

Projeto de Lei e Proposta do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN

Tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 5979/01, da Comissão de Viação e Transportes, o qual estabelece normas referentes à Inspeção Técnica Veicular – ITV a ser implantado em todo o território nacional. Determina que fica a cargo do CONTRAN a edição de normas técnicas referentes à inspeção dos itens de segurança e do CONAMA a edição de normas técnicas referentes ao controle de emissão de gases poluentes e ruído.

O serviço público de inspeção técnica veicular seria prestado pelo poder público ou por empresas privadas em regime de concessão contratual, sob fiscalização do órgão máximo executivo de trânsito da União.

O órgão máximo executivo de trânsito da União compartilharia, com os Estados e Distrito Federal, mediante convênio, a fiscalização e a auditoria da execução das Inspeções Técnicas de Veículos – ITV, podendo tais funções serem delegadas aos Municípios que tiverem interesse e estrutura para exercê-las.

Segundo o Projeto, as empresas interessadas em prestar o serviço seriam escolhidas dentre aquelas que comprovem habilitação, capacitação técnica, experiência de gestão, capacitação econômico-financeira, mediante procedimento licitatório. O prazo de concessão seria de no máximo vinte anos, permitida a renovação nos termos do que estipular o contrato de concessão.

É importante destacar que não seria autorizada a participação da licitação empresas que tenham vinculação com o setor automotivo, tais como oficinas de reparação, empresas de fabricação e comércio de veículos e autopeças. Nem seriam permitidas

atividades de reparação, recondiçãoamento ou comércio de veículos, peças e acessórios automotivos nas estações de inspeção.

Para fins de implantação do Programa de Inspeção Técnica Veicular, o Projeto propõe que o território brasileiro seja dividido em lotes, considerando as densidades demográficas e as frotas de veículos, de forma a permitir a universalização da prestação do serviço e a rápida implantação do Programa. A “federalização” da inspeção busca a universalização da prestação do serviço e a conseqüente homogeneidade. Assim, viabilizaria economicamente o Programa, haja vista que em determinadas regiões do país, devido à frota reduzida de veículos, o programa não seria viável se implantado de forma isolada (esta divisão não pode ser feita por estado devido às suas diferenças demográficas e econômicas).

O Projeto propõe algumas exigências necessárias à garantia da uniformidade de características específicas do Programa, as quais seriam constantes no edital de licitação:

- a) Padrão tecnológico dos instrumentos e equipamentos;
- b) Procedimentos de manutenção dos equipamentos;
- c) Capacidade de armazenamento para o registro sistemático e a centralização dos resultados das inspeções;
- d) Comprovação, pelas licitantes, de experiência anterior e aptidão para o desempenho de atividades objeto da outorga, que comprovem a execução de serviços de inspeção veicular em quantidade e prazos compatíveis com os lotes licitados, devidamente registrados nas entidades competentes, demonstrando que o licitante possui tecnologia e experiência de gestão em Inspeção Técnica Veicular;
- e) Demonstração de recursos de informatização que permitam o acompanhamento do registro e dos dados armazenados de todas as inspeções realizadas, além de ligação eletrônica com o órgão máximo executivo de trânsito da União ou demais órgãos de fiscalização.

A tarifa do serviço de inspeção técnica veicular seria composta de uma tarifa pela verificação dos itens de segurança e uma tarifa pela verificação dos itens ambientais, cada uma delas idêntica em todo o território nacional, inclusive no que diz respeito aos serviços de inspeção de retorno (realizado quando o veículo é reprovado no primeiro teste e efetivado seu reparo).

O Projeto propõe a automatização e informatização da inspeção, a serem realizadas em estações fixas ou móveis, suficientemente equipadas para esta finalidade. Todas as máquinas, equipamentos e instrumentos utilizados nos serviços de inspeção seriam aferidos periodicamente pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO ou por entidade por ele credenciada.

A estação de inspeção deverá ser convenientemente dimensionada e guardar relação com a frota alvo de veículos a ser inspecionada, de modo a garantir a qualidade e a eficiência dos serviços prestados aos proprietários dos veículos, atendendo, no mínimo, aos seguintes requisitos:

- Dispor de arranjo organizacional e sistema administrativo-operacional que permitam que a inspeção seja executada no limite do tempo fixado nas normas técnicas aplicáveis;
- Possuir local adequado para estacionamento de veículos, onde seu funcionamento não implique prejuízo ao tráfego em suas imediações.
- Dispor de área administrativa para funcionamento dos serviços de apoio às inspeções e área de atendimento aos clientes que garanta seu conforto e segurança.

O Projeto propõe que a inspeção dos itens de segurança seja obrigatória para veículos a partir do terceiro licenciamento. A inspeção dos itens de controle de emissão de gases e ruído seria obrigatória a partir do segundo licenciamento e teria a seguinte periodicidade:

- Semestral para os veículos destinados ao transporte de escolares e outras modalidades de veículos segundo o que dispuser o CONTRAN; sem prejuízo de que dispõe a Legislação municipal no local de registro do veículo.
- Anual para os demais veículos.

Os defeitos dos veículos constatados na Inspeção Técnica Veicular serão classificados em: muito graves (DMG); graves (DG); e leves (DL). No primeiro ano de operação nacional do Programa de Inspeção Técnica Veicular, a reprovação do veículo ocorrerá nas seguintes condições:

- a) quando constatada a existência de Defeito Muito Grave – DMG – ou
- b) quando constatada a existência de Defeito Grave – DG - no sistema de freios e nos equipamentos obrigatórios e proibidos, ou
- c) quando reprovado na inspeção de controle de emissão gases e ruído.

No segundo ano de operação nacional do Programa de Inspeção Técnica Veicular, a reprovação ocorrerá nas seguintes situações:

- a) Na constatação de qualquer defeito ou reprovação relacionados nos itens de reprovação do primeiro ano de operação do Programa, ou
- b) quando constatado Defeito Grave – DG - nos sistemas de direção, pneus e rodas.

A partir do terceiro ano de operação nacional do Programa de Inspeção Técnica Veicular, serão reprovados aqueles veículos que apresentarem qualquer defeito classificado como Defeito Muito Grave – DMG - e Defeito Grave – DG - para os itens de segurança, ou não atenderem aos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA para emissão de gases e ruídos. Os casos de Defeito Leve – DL - deverão ser

comunicados ao proprietário do veículo para que seja providenciado o devido reparo, inclusive durante a implantação gradativa do Programa de Inspeção Técnica Veicular.

O proprietário do veículo reprovado na inspeção de segurança e de emissão de gases poluentes e de ruído ficaria, segundo o Projeto, sujeito às sanções previstas no Código de Trânsito Brasileiro - CTB. A aprovação na Inspeção Técnica Veicular seria comprovada perante os órgãos estaduais de trânsito e demais órgãos de fiscalização, por meio eletrônico e pelo Certificado de Inspeção e do selo de controle, de acordo com o modelo, forma e condições a serem definidos pelo Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN.

As informações obtidas na Inspeção Técnica de Veículos seriam de responsabilidade das concessionárias do serviço público e seriam colocadas à disposição do poder concedente de forma ágil e tecnicamente segura.

Seria necessário que as inspeções de segurança veicular e de emissões fossem realizadas conjuntamente no mesmo local, ainda que por concessionárias diferentes. Assim os proprietários dos veículos só precisariam passar por uma inspeção conjunta no período definido ao invés de duas.

Apesar de o programa ser nacional, os estados e, possivelmente, os municípios seriam também beneficiados, porque poderiam auxiliar na fiscalização da execução da inspeção. Seria facultado aos estados firmar convênios com o DENATRAN para atuar conjuntamente na fiscalização e auditoria da execução do serviço de inspeção veicular a ser realizado pelo órgão federal competente por meio de empresas privadas contratadas mediante procedimento licitatório.

O Projeto propõe que o Programa seja instalado no âmbito nacional devido a alguns fatores que seriam responsáveis pela viabilização e êxito do projeto, tais como, tarifa única, uniformidade, universalidade e simultaneidade de implantação. Esses fatores poderiam assegurar, ainda, a mesma qualidade do serviço em todo o território nacional. Ressalte-se que, existem estados brasileiros com áreas de densidade demográfica e frota pequena de veículos que não conseguiriam viabilizar o projeto

sem praticar tarifas mais elevadas do que em outros estados ou regiões metropolitanas. Este fato, bem como o possível descompasso na instalação do programa, ou seja, sem a simultaneidade necessária e desejada, incentivariam uma migração de frotas para estados vizinhos, onde a tarifa fosse mais baixa, ou ainda, onde não tivesse sido implantado o programa.

Por fim, o Projeto de Lei não poderia prejudicar as situações jurídicas consolidadas, como, por exemplo, programas e contratos já realizados pelos entes federativos a fim de implementar a inspeção em questão. Como forma de conservar as inspeções sob um mesmo procedimento, os novos executores deverão se instalar nos locais onde houvesse estações de inspeção, a fim de agregar, sem ferir as situações jurídicas consolidadas, as instalações de uma inspeção a outra.

O Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, órgão pertencente ao Ministério das Cidades, é o órgão do Poder Executivo que acompanha e participa das discussões de uma proposta para implantação um Programa de I/M a nível nacional, que culminou com o Projeto de Lei 5979/01, apresentado.

Segundo DENATRAN (2004), existe uma série de premissas necessárias à implantação de um programa de I/M a nível nacional:

- **Obrigatoriedade:** conforme definido no Artigo 104 da Lei 9503 do Código de Trânsito Brasileiro, de 23 de setembro de 1997, a inspeção técnica de segurança veicular, de controle de emissão de gases poluentes e de ruído será obrigatória para todos os veículos em circulação no território nacional, excetuando-se aqueles definidos em lei nacional e/ou regulamentação do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.
- **Simultaneidade** - para garantir igualdade de tratamento e evitar a migração de veículos de um estado ou município para outro, o programa deve ser iniciado simultaneamente em todo o território nacional.
- **Universalidade** - A inspeção poderá ser realizada em qualquer estação de inspeção desde que reconhecida e certificada pelo Poder Concedente, e o laudo de aprovação terá validade de um ano em todo território nacional.

- Especificidade - As estações de inspeção serão implantadas com o objetivo específico da prestação do serviço de inspeção técnica de segurança veicular.
- Padronização - O serviço, em todas as estações de inspeção será prestado de igual forma, sendo o padrão estabelecido pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.
- Preço - O preço pela execução do serviço será único para cada categoria de veículo, em todo o território nacional.
- Periodicidade - A periodicidade da inspeção será anual para todos os veículos, exceto aqueles destinados ao transporte de escolares, transporte público e transporte de cargas perigosas que será de seis meses ou ainda outros veículos definidos em lei nacional. Início para veículos novos a partir do terceiro licenciamento.
- Gradualismo - A implantação do programa deverá ser gradual e precedida de programa educativo que conscientize os motoristas para a importância da manutenção preventiva.
- Modernidade - Os equipamentos e a infra-estrutura necessários para a execução da inspeção de segurança veicular deverão ser adequados periodicamente a novos recursos tecnológicos disponibilizados no mercado. O prazo para modernização dos equipamentos e infra-estrutura empregados não poderá exceder cinco anos contados a partir da instalação do equipamento e/ou da infra-estrutura.

3.3.3 O PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO RIO DE JANEIRO

No Estado do Rio de Janeiro a Lei Estadual nº 2.539, de 19 de abril de 1996, estabeleceu o Programa de Inspeção e Manutenção dos veículos em uso no estado. Até o momento no Brasil, somente o Estado do Rio de Janeiro possui em vigor, desde julho de 1997, um Programa de Inspeção e Manutenção Veicular. O Programa era restrito à Região Metropolitana na fase inicial e, atualmente, abrange todos os municípios. Visando a implantação do Programa em 1997, foi assinado um convênio de cooperação técnica entre a FEEMA e o DETRAN-RJ em 30 de janeiro de 1997.

Esse programa, realizado de forma pioneira no país, teve o apoio e a participação técnica de vários órgãos governamentais, tais como o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, o Núcleo Superior de Estudos Governamentais da Universidade Estadual do Rio de Janeiro – NUSEG/UERJ, além da empresa White Martins, fabricantes de equipamentos, dentre outros. No decorrer do processo como um todo, uma série de dificuldades foi enfrentada para sua implantação, incorrendo-se em erros e acertos em vários pontos.

O Convênio DETRAN/FEEMA passa pelo licenciamento obrigatório de todos os veículos do Estado com o objetivo de que sejam vistoriados anualmente, a fim de verificar se a condição dos mesmos está de acordo com as normas já estabelecidas de segurança e de emissão de gases poluentes.

Assim, destacam-se o Decreto nº 22.599, de 01 de novembro de 1996, que dispõe sobre o controle, pelo DETRAN/RJ, da emissão de gases poluentes, a assinatura do Convênio DETRAN/RJ-FEEMA, com vistas aos procedimentos de controle de emissão de procedimentos para licenciamento de veículos automotores, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e a Portaria Conjunta DETRAN/RJ-FEEMA, de 01 de outubro de 1999, que dispõe sobre os procedimentos de controle de emissão de poluentes gasosos e de ruídos para licenciamento de motocicletas do Estado do Rio de Janeiro, além de estabelecer critérios.

No Convênio DETRAN/FEEMA, cabe a FEEMA:

- Especificar equipamentos para aquisição através de procedimentos licitatórios; · Instalar, manter, renovar e operar a rede de equipamentos necessários ao monitoramento da qualidade do ar na região-alvo dos serviços.
- Analisar periodicamente os dados de qualidade do ar, divulgando os resultados e estabelecendo níveis de permissibilidade e tolerabilidade das emissões veiculares na Região Metropolitana do Estado, de acordo com a legislação do PROCONVE.
- Promover supervisão técnica, assessoramento e assistência didática aos quadros de pessoal específico, promovendo programas de reciclagem, treinamentos e aperfeiçoamento da mão-de-obra alocada para os trabalhos.
- Estabelecer, anualmente, perfis quantitativos e qualitativos de recursos humanos compatíveis ao desenvolvimento dos trabalhos, de supervisão técnica do programa em questão, sua projeção anual e custos correspondentes.
- Promover e divulgar material didático decorrente das orientações necessárias à educação ambiental dos usuários e pertinentes a este Convênio.

Da mesma forma, cabe ao DETRAN:

- Prover gradativamente recursos humanos compatíveis ao desenvolvimento dos trabalhos do programa em questão.
- Promover as iniciativas administrativas que lhe cabem, junto aos órgãos competentes do Estado do Rio de Janeiro, para obtenção dos recursos públicos aludidos neste Convênio.
- Prover gradativamente os recursos financeiros necessários à instalação, manutenção e renovação da rede de monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana.

O INMETRO, como órgão federal de metrologia, é o responsável pela homologação de todos os equipamentos envolvidos na aferição de gases usados nos postos. Também é de sua responsabilidade a calibração anual das máquinas de vistoria. A White Martins, tradicional indústria de gases, é a responsável pelo fornecimento do banco de gases padrão necessário para a correta operação das máquinas que realizam as vistorias dos veículos de ciclo Otto.

No quesito segurança, são observados a condição e o funcionamento de diversos equipamentos, tais como: lanterna, farol, setas, 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, verificando o atendimento dos veículos aos limites de concentração de poluentes estabelecidos pelas Resoluções.

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, caso o veículo seja reprovado na vistoria de emissão de gases poluentes, não há o impedimento de obtenção da citada licença, pois o programa de I/M ainda encontra-se em fase educativa e não punitiva. Contudo, nesta licença, haverá a observação de que o veículo foi reprovado no teste de gases. Os resultados dos testes de emissão de gases possuem um caráter educativo, onde visam apenas conscientizar os proprietários de veículos quanto às condições de manutenção do seu automóvel e à contribuição do mesmo para a poluição atmosférica.

Cabe ressaltar que em 21 de março de 2002 (Portaria conjunta DETRAN-RJ - FEEMA nº 17) foi adotado caráter punitivo para reprovação nos testes de emissões, inicialmente apenas para os veículos de uso intensivo. São eles: ônibus; microônibus; caminhões; automóveis, caminhonetes, camionetas e utilitários, cuja categoria seja aluguel; caminhonetes e camionetas e utilitários com capacidade superior a cinco passageiros, cuja categoria seja particular. Caso estes tipos de veículo sejam

reprovados nos testes de emissão, os mesmos têm, segundo a Portaria, trinta dias para realizar o reparo e refazer o teste para a obtenção da licença.

Para realizar a vistoria de gases de poluentes, utiliza-se equipamento desenvolvido para a análise de gases, para veículos do ciclo Otto e análise de fumaça, para veículos diesel. Tais equipamentos são acoplados a microcomputadores que possuem softwares específicos necessários às medições e não permitem a interferência do operador no registro dos valores medidos.

O equipamento utiliza a tecnologia de absorção de infravermelho (NDIR). O gás a ser medido é aspirado para dentro de uma câmara fechada onde se encontra um emissor de infravermelho e um detector, que indica a quantidade de radiação infravermelha absorvida. Por ser o sistema de medição sensível à temperatura, é essencial a estabilização desta para que as leituras sejam realizadas.

Um conjunto de sensores controla outras variáveis na medição, tais como pressão do gás, pressão barométrica, além da temperatura na câmara, fazendo as devidas compensações e correções. O princípio utilizado é baseado no fato de que os gases absorvem a radiação, sendo que o CO, o CO₂ e os hidrocarbonetos apresentam “picos” de absorção em frequências da faixa do infravermelho. Sendo assim, em um dado volume e temperatura fixos, a quantidade de “luz” fornecida por uma fonte de infravermelho, que é absorvida pelo meio, passa a ser uma indicação do número de moléculas de gás presentes naquele volume.

Para a construção de um instrumento NDIR são necessários: a fonte de infravermelho, o filtro óptico (que seleciona a faixa central de radiação que interessa medir), a célula de amostragem (um tubo de volume constante que irá conter a amostra de gás) e o detector infravermelho. É importante esclarecer que as leituras do detector só adquirem significado após calibração e tratamento matemático, realizado por *software* específico, sendo este característico do banco de medição.

O equipamento utilizado para medir a opacidade da fumaça emitida por veículos movidos a diesel utiliza o método de fluxo parcial que permite medições diretas e

contínuas da fumaça amostrada. É composto principalmente por uma sonda de fumaça, uma sonda de temperatura e um opacímetro.

A fumaça é aspirada diretamente do escapamento do veículo para um transdutor onde é medida a quantidade de luz obstruída pela fumaça, que varia de 0% indicando ausência de fumaça na câmara, até 100%, indicando obstrução total. Os resultados de opacidade (%) são apresentados no vídeo com os valores do coeficiente de absorção K (m^{-1}), rotação do motor (rpm) e temperatura do óleo ($^{\circ}C$) e podem ser impressos juntamente com os dados do veículo.

Para a realização dos testes de inspeção dos gases de escapamento é necessário que o veículo seja aprovado na vistoria de segurança. Assim sendo, para os veículos com motores de ciclo Otto, é utilizada a máquina analisadora de gases, do tipo 4 gases. Este equipamento possui uma sonda que capta os gases do escapamento do veículo e mede a concentração de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), dióxido de carbono (CO₂) e oxigênio (O₂), utilizando a tecnologia de absorção de infravermelha (NDIR), que requer um banco de gases padrão, devendo ser constantemente calibrado. Além disso, existem outros dispositivos como a sonda de temperatura e o captador de velocidade angular (rpm), que são necessários para o atendimento das exigências metodológicas.

A aferição deve ser feita em temperatura de motor superior a 70 $^{\circ}C$, nas rotações de 2.500 rpm e marcha lenta, por 15 segundos cada. Porém, antes da captação destes gases, o veículo é submetido à aceleração de 2.500 rpm por 30 segundos (pré-condicionamento), a fim de descontaminar o cárter do motor de qualquer impureza de HC. Os parâmetros medidos, submetidos à aprovação ou não, são os teores de CO, HC e diluição (soma das concentrações percentuais de CO e CO₂).

As motocicletas equipadas com motor do tipo dois tempos estão isentas da vistoria de gases devido ao fato de misturar diretamente óleo no combustível, havendo risco de contaminação do banco de gases da máquina analisadora. Já as motocicletas de motores quatro tempos são submetidas à vistoria.

Para os veículos com motores do ciclo Diesel, utiliza-se a máquina analisadora de fumaça. Este equipamento possui uma sonda acoplada ao opacímetro que capta os gases do escapamento do veículo e mede a opacidade da fumaça. Neste caso não há necessidade da tomada de temperatura e nem do número de rotações do motor. A medição é resultado de dez acelerações-desacelerações alternadas, onde são registrados dez valores de opacidade, sendo a média desses o resultado final.

A Resolução nº 252/99 do CONAMA estabelece limites máximos de ruído nas proximidades do tubo de escapamento dos veículos, devendo-se incluir tais medições na vistoria. Entretanto, tem-se verificado que durante a realização destas medidas, há significativa interferência do ruído de fundo do local da vistoria, impossibilitando a leitura correta dos valores medidos. Atualmente a FEEMA vem realizando algumas aferições, por amostragem, a fim de determinar melhores condições metodológicas para a implementação desta Resolução (La Rovere *et al* , 2002).

Na fase inicial do programa o DETRAN implantou 22 postos de vistoria, todos localizados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A partir de 1999, com a ampliação do projeto para o interior do Estado, houve uma alteração do número de postos na Região e outros foram instalados no interior, totalizando 33 no Estado do Rio de Janeiro.

Também outro projeto de construção de postos na Região Metropolitana inclui os que possuirão linhas de vistoria equipadas com dinamômetros. Recentemente, em janeiro de 2002, em caráter experimental, foi inaugurado um desses postos na Ilha do Governador⁵⁶, entre outros. Além do dinamômetro, apresenta também estrutura civil bem mais moderna e mais apropriada. Nestes novos tipos de postos de vistoria será viável a realização de outros testes de I/M (testes de emissões, por exemplo), uma vez que a utilização do dinamômetro permite que se avalie de fato a emissão dos vários poluentes incluindo o NOx.

⁵⁶ Trata-se de um posto que contém 4 linhas de vistoria tradicionais, com capacidade de 50 vistorias por dia e uma linha de ITV (Inspeção Técnica Veicular), que possui dinamômetro. Além disso, não há células (*containers*) onde são processados os dados bem como impressos os documentos, pois estas tarefas estão centralizadas em um prédio principal.

No momento, segundo o DETRAN, a implantação desse tipo de posto torna-se problemática uma vez que requer elevada soma de recursos, exige treinamento altamente especializado dos operadores e aumenta consideravelmente o tempo de realização da vistoria. Esse posto realiza, no momento, somente a vistoria de segurança com a utilização do dinamômetro. Dentre os projetos de implantação futura, inclui-se a adaptação dos postos antigos ao novo modelo, a construção de mais postos com dinamômetro na Região Metropolitana e a ampliação do número de postos de vistoria no interior do Estado.

Segundo La Rovere *et al* (2002), são realizadas auditorias semestrais nos postos de vistoria e os resultados têm demonstrado enorme ocorrência de erros metodológicos na realização dos testes: como ausência de pré-condicionamento antes de efetuar as medições das concentrações gasosas, testes efetuados em temperatura inferior à recomendada e ausência de segundo teste em caso de reprovação de HC e/ou CO. Portanto, torna-se evidente a necessidade de auditoria contínua, de modo a garantir a qualidade dos resultados.

O valor da taxa de vistoria a ser paga pelo consumidor é o mesmo, independente do tipo de veículo (leve, médio, pesado ou motocicleta). É cobrada juntamente com o Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores - IPVA, quando se requer o licenciamento anual. Em todos os municípios onde o programa de I/M está implantado, o custo da taxa é de R\$ 51,29 referente à vistoria de gases e de segurança. Este valor é recolhido pelo DETRAN, cuja arrecadação visa custear o programa de I/M. A experiência internacional tem indicado que o custo da inspeção veicular para o usuário varia internacionalmente entre U\$ 10,00 e U\$ 30,00. O programa de I/M no Brasil resultou em um valor intermediário entre estes limites (La Rovere *et al*, 2002).

No Rio de Janeiro, a vistoria tem sido realizada anualmente. Porém, estudos já realizados a nível internacional mostram que os efeitos reais de qualquer programa de I/M estão diretamente relacionados com a frequência das inspeções. Para determinados usos de alguns veículos, como veículos de uso intensivo, a frequência anual não se aplica sendo necessário o aumento da frequência, devendo-se reavaliar a questão.

A implantação do programa de I/M no Rio de Janeiro, na forma em que foi viabilizada, em convênio com o DETRAN-RJ, revela aspectos positivos, tais como:

- Utilização da infraestrutura operacional do DETRAN.
- Utilização de terrenos e edificações públicas ociosas para implantação dos postos.
- Realização conjunta da vistoria de segurança e de gases poluentes, facilitando a vida do proprietário do veículo.
- A vistoria sendo realizada pelos dois órgãos em conjunto evita a duplicidade de informações, proporcionando dinamismo e permitindo um controle da situação da frota circulante, gerando a possibilidade de se realizar diversos estudos sobre frota, combustível, etc.
- Os recursos repassados a FEEMA, provenientes da taxa de vistoria, são aplicados no desenvolvimento de programas ambientais.

Da mesma forma, também existem os aspectos negativos do Convênio, tais como:

- Dificuldades na troca de informações entre os órgãos, devido ao fato destes apresentarem interfaces distintas.
- A necessidade de estar em dia com o pagamento de multas como pré-requisito para efetuar a vistoria resulta em um alto percentual de veículos não vistoriados, prejudicando a qualidade do programa.

A experiência adquirida na implantação pioneira do programa de I/M do Rio de Janeiro permite alguns comentários no sentido de contribuir para a melhoria da qualidade do mesmo (La Rovere *et al*, 2002).

Quanto aos aspectos operacionais:

- A implantação de um sistema de informações on-line interligado, isto é, com os computadores das máquinas analisadoras conectados ao banco de dados de

cadastro de veículos do DETRAN, possibilitaria a redução do tempo de emissão da licença de condução veicular.

- A implantação de um sistema de informações interligado é importante, também, para reduzir as perdas de informações dos testes de inspeção. Os resultados dos testes são armazenados no disco rígido (HD) dos equipamentos onde foram executados. Para acessá-los é necessário visitar as máquinas uma a uma, utilizando-se de um disco móvel externo (*zip-drive*) capaz de retirar esses dados que ficam sob a forma de arquivos. Esse procedimento demanda tempo e pessoal (possui frequência trimestral) e ocasiona uma perda significativa de dados devido ao mau acondicionamento das máquinas, favorecendo a deterioração do HD.
- A implantação de um sistema de informação on-line nos postos de vistoria com a central de atendimento evitaria o excesso de agendamento, que causa sobrecarga dos postos, ocasionando filas e perda de qualidade no atendimento.
- A concepção integrada de treinamento, supervisão permanente e auditoria periódica indica a necessidade de uma atuação mais incisiva na supervisão dos postos, no sentido de garantir o cumprimento da metodologia na realização dos testes pelos vistoriadores.
- Deveriam ser realizadas melhorias estruturais nos postos construídos na concepção preliminar, no sentido de evitar o sucateamento dos equipamentos.

Quanto aos recursos humanos

- Contratação de pessoal com formação profissional compatível com a atividade a ser desenvolvida.
- Responsável técnico em cada posto de vistoria.
- Curso de reciclagem em complementação ao treinamento inicial.

Quanto aos aspectos institucionais

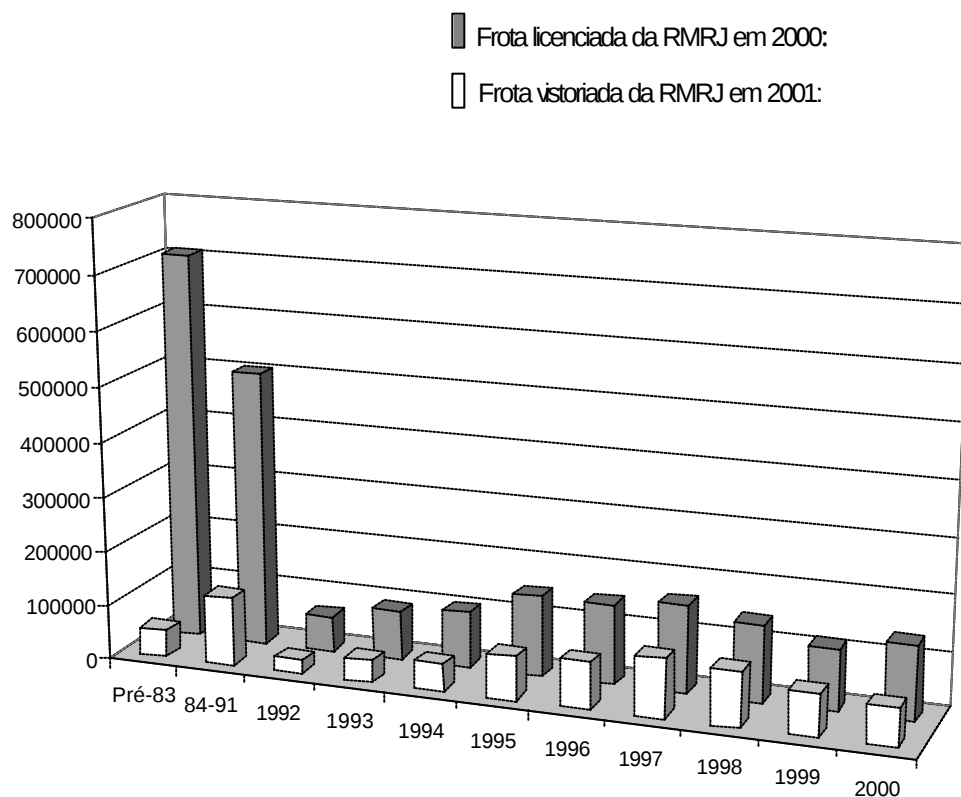
- Melhoria do processo de troca de informação.
- Auditoria externa do Convênio e do Programa.
- Instituição de foro de decisão para ajuste periódico do Convênio.

- Implementação de sistema de gestão da qualidade no processo de inspeção veicular.

De modo geral, ao longo desses anos de implantação do programa de I/M, observam-se mudanças no comportamento do usuário, tanto nas questões de segurança quanto de poluição do ar, mesmo sendo a vistoria realizada em caráter educativo. Porém, acredita-se que ao adquirir caráter punitivo para todos os tipos de veículo, e não só para aqueles de uso intensivo, o Programa trará resultados mais satisfatórios.

Por último é necessária uma fiscalização mais intensa dos veículos nas ruas porque muitos veículos não comparecem à vistoria. A FIGURA 11 apresenta uma comparação entre a frota vistoriada e a frota licenciada da Região Metropolitana do Rio de Janeiro de 2001.

FIGURA 11 - Comparação entre a frota vistoriada e a frota licenciada da RMRJ



Fonte: La Rovere *et al* (2002)

Comparando-se a frota vistoriada com a totalidade da frota licenciada, observa-se que existe uma diferença acentuada entre esses números, aumentando de acordo com a idade do veículo. Essa diferença é bastante marcante quando se trata de veículos de ano-modelo anterior a 1983, o que demonstra que estes não estão comparecendo aos postos para realizar a vistoria. Uma das razões dessa inadimplência reside no fato de que devido às condições gerais de manutenção destes veículos, os proprietários, acreditando na provável reprovação na vistoria de segurança e/ou de gases, não comparecem aos postos de vistoria. Também deve-se levar em conta que, para efetuar a vistoria, é necessário que todas as taxas do veículo estejam quitadas, inclusive as multas. Desse modo, como muitas vezes o valor destas taxas pode até superar o do veículo, os proprietários optam pelo não pagamento, deixando o veículo em situação irregular.

3.4. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E DA BRASILEIRA

Os EUA introduziram programas de inspeção e manutenção veicular no final dos anos 70 e foram adquirindo experiência ao longo dos anos. A experiência demonstrou que os primeiros programas não obtiveram resultados importantes em termos de redução de emissões. Devido a este fato os programas foram aprimorados e a EPA elaborou um programa padrão⁵⁷. O aprimoramento dos programas incluiu a separação do teste e dos reparos nos centros de inspeção e instituiu testes obrigatórios no dinamômetro com analisadores automáticos, mais efetivos para o exame de veículos equipados com injeção eletrônica além de medir o poluente NOx (teste IM240), ao contrário dos testes básicos de emissão, se tornando uma referência internacional.

Muitos estados norte-americanos disponibilizam uma relação de oficinas com um nível de qualidade considerado satisfatório para a realização dos reparos necessários solicitados pelas inspeções. Além disso, muitos estados possuem programas de financiamento para apoiar proprietários de veículos que não tenham condições financeiras de realizar o reparo determinado na inspeção.

Pode-se destacar o Programa de Phoenix (Phoenix IM-240), considerado pela EPA como um modelo de programa a ser adotado pelos estados tendo alcançado resultados bastante satisfatórios. Mas um dos problemas do programa é que mais de 30% dos veículos que são reprovados nos testes iniciais não retornam novamente para a realização dos testes depois do reparo. Este problema deve ser contornado com uma fiscalização mais intensa pelo poder público.

No caso da Europa, a Diretiva 96/96/EC consolidou um padrão para os programas de I/M dos países da União Européia. Os testes padronizados são os testes básicos, que medem somente a concentração de CO e HC. Entretanto estudos elaborados pela

⁵⁷ O programa padrão é utilizado como referência, mas dependendo do nível de poluição atmosférica do estado, o mesmo pode utilizar programas alternativos, desde que aprovados pela EPA (por exemplo, IM147, que reduz a duração do teste). Mesmo assim grande parte dos estados optou pelo teste IM240.

Comissão Europeia⁵⁸ recomendaram testes com dinamômetro para a realização de medições, também de NOx.

Na América Latina, pode-se destacar o programa de inspeção e manutenção do México. Foi implantado um programa, inicialmente de caráter voluntário, em 1982 na Cidade do México, o qual foi sendo aprimorado gradativamente. No início eram realizados somente testes básicos de emissão, mas em 1998 foi incluída a medição de NOx através da utilização de dinamômetros. Os centros de inspeção na Cidade do México são grandes postos de inspeção concentrados em poucos grupos industriais que se especializaram em inspeções de emissão, facilitando a adoção de novas tecnologias e gerando resultados uniformes entre os centros. Para evitar fraudes foi determinada a aplicação de uma multa de até US\$ 40.000 para centros de testes localizados na Cidade do México que não seguissem os procedimentos dos testes e administrativos.

As experiências brasileiras de inspeção e manutenção veicular, considerando o programa do Rio de Janeiro, a proposta do programa do Município de São Paulo e as diretrizes propostas pelo DENATRAN/Projeto de Lei para implantação de um programa de inspeção veicular a nível nacional, apresentam aspectos positivos e negativos.

O Programa de São Paulo é um programa de abrangência municipal, o que limita muito a área de atuação do programa. A região metropolitana de São Paulo abrange 39 municípios, sendo comum a circulação intermunicipal de veículos. Neste caso uma parcela importante de veículos que circulam por toda a região metropolitana não será inspecionada⁵⁹. Além disso, poderia ocorrer o registro de veículos fora do Município para evitar a inspeção. Seria importante que, pelo menos, a região metropolitana, ou todo o estado, implantasse um programa como esse, minimizando os problemas mencionados.

⁵⁸ Grupo de trabalho 4, Inspeção e Manutenção, Comissão Europeia, in <http://europa.eu.int/comm/environment/pollutants>.

⁵⁹ Considerando a frota de 2002, aproximadamente 30% da frota da RMSP não é do Município de São Paulo. Esse número pode ser maior em outras regiões metropolitanas.

Outro problema do programa do Município de São Paulo é que não há convênio do Município com o DETRAN de São Paulo para a obtenção imediata do licenciamento, tendo os proprietários dos veículos a necessidade de, após aprovação da inspeção, se encaminharem para o DETRAN para a emissão do Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo. O processo é mais demorado do que se existisse um convênio onde o proprietário no final da inspeção já recebesse o documento de licenciamento.

Por outro lado o Programa possui aspectos positivos, como a realização de inspeção de ruído, muito importante nos grandes centros urbanos, estando de acordo com a Resolução CONAMA nº 07 de 1993.

Outro aspecto positivo é que todos os testes do Programa possuem caráter punitivo. O proprietário recebe um laudo técnico do teste do seu veículo indicando a necessidade de reparo. Depois de realizado o reparo, dentro de trinta dias, o proprietário do veículo retorna ao posto para nova inspeção. O veículo aprovado recebe um selo verde a ser colocado no veículo que facilita a fiscalização.

Com relação ao Programa de Inspeção e Manutenção do Rio de Janeiro, é o único efetivamente implantado no Brasil e funciona desde julho de 1997, já tendo adquirido experiência ao longo do tempo. Atualmente vem construindo novos postos, alguns com dinamômetros para testes de segurança, o que já é um passo para testes mais avançados de emissão, que também utilizam dinamômetros.

Mais um aspecto positivo é que o Programa abrange a totalidade do Estado do Rio de Janeiro e existe um convênio do órgão ambiental com o DETRAN para todo o processo de vistoria, sendo o documento de Registro e Licenciamento emitido no final da aprovação da inspeção no próprio posto de vistoria. Além disso, a inspeção de segurança e de emissões é realizada em conjunto. O processo é único, o que é positivo tanto para o proprietário do veículo, que não precisa se deslocar para mais de um local durante o processo de inspeção e licenciamento do veículo, quanto para o custo do processo, melhor racionalizado.

Um aspecto negativo do Programa do Rio de Janeiro é relativo à mão-de-obra dos postos de inspeção. Os vistoriadores, auxiliares de técnicos de controle e técnicos de controle são estagiários da rede de ensino universitário da região, muitas vezes oriundos de áreas completamente diferentes da atividade exercida nos postos, como, por exemplo, do curso de Belas Artes. Isso ocasiona uma grande rotatividade da mão-de-obra e implica na baixa profissionalização da atividade. São serviços temporários, em média de onze meses, existindo a possibilidade de renovação. Seria importante a contratação de pessoal com formação profissional compatível com a atividade a ser desenvolvida.

Os veículos reprovados no teste de segurança precisam realizar o reparo em cumprimento à exigência para obter o Certificado de Registro e Licenciamento para circulação. No caso dos testes de emissão, somente os veículos de uso intensivo não podem obter o documento de licenciamento enquanto não realizarem o reparo necessário, conforme apresentado anteriormente, tendo o programa apenas caráter educativo para grande parte dos veículos em circulação no que diz respeito às emissões. Este fato é um aspecto bastante negativo do programa do Rio de Janeiro.

A auditoria dos postos de inspeção é necessária, pois, caso os testes não sejam realizados de forma correta, podem gerar distorções importantes. No caso do Rio de Janeiro, por exemplo, a auditoria verificou que existem vistoriadores que não realizam o pré-condicionamento do motor a 2.500 rpms durante 30 segundos (que tem o objetivo de descontaminar o *carter* do motor de qualquer impureza de HC), prejudicando o teste⁶⁰. Muitos funcionários não fazem esse pré-condicionamento. Além disso, verificou-se que também ocorre ausência de segundo teste em caso de reprovação em HC e/ou CO. A incidência deste último erro certamente reduziria caso o programa tivesse caráter punitivo para o teste de emissões.

Outro ponto negativo do programa de I/M do Rio de Janeiro é a não realização do teste de ruído. Tem-se verificado que durante o teste há interferência do ruído de fundo do local da vistoria, impossibilitando a leitura correta dos valores medidos, porém esforços são necessários para a adoção desse tipo de teste.

⁶⁰ La Rovere *et al* (2002).

No caso da proposta do Projeto de Lei 5979/01 e do DENATRAN para a implantação de um Programa a nível nacional, existem aspectos positivos e negativos.

O Projeto de Lei propõe que o programa seja universal, implantado em todo o território brasileiro. Por isso propõe que o território seja dividido em lotes, considerando as densidades demográficas e as frotas de veículos, visto que essa proposta viabilizaria economicamente o programa já que alguns estados possuem frota e população pequena dificultando a viabilização de um programa como esse. Essa proposta tem um enfoque na inspeção de segurança veicular, apesar de propor uma inspeção conjunta de segurança, emissões e ruído, e se baseia no fato de que a questão da segurança veicular é uma questão nacional. O problema da falta de segurança veicular existe independente do tamanho da frota e da população e a preservação da vida humana tem a mesma prioridade em qualquer local do país.

Por outro lado, o problema da poluição atmosférica local é mais significativo nas grandes regiões metropolitanas, onde se concentra um número elevado de veículos, sendo necessária a priorização dessas áreas para a implantação da inspeção de emissões⁶¹, não sendo oportuno a sua implantação em todo o território brasileiro, até porque a implantação progressiva do programa pode vir a se constituir na condicionante de sua viabilização econômico-financeira.

Um aspecto positivo do Projeto de Lei é que ocorreria uma padronização dos programas de I/M a nível nacional permitindo uma qualidade mínima dos mesmos em termos de padrão tecnológico dos instrumentos e equipamentos, aptidão das empresas prestadoras de serviços, capacidade de operacionalização dos postos, incluindo recursos de informatização.

A TABELA 25 apresenta um resumo comparativo das propostas e programas de inspeção e manutenção veicular no Brasil.

⁶¹ Essa priorização foi estabelecida nas Resoluções CONAMA nº 07 de 1993 e nº 227 de 1997, conforme apresentado anteriormente.

TABELA 25: Comparação entre Programas de I/M do Brasil

Características	Proposta do Município de São Paulo	Programa do Rio de Janeiro	Projeto de Lei 5979/01
Abrangência	Somente o Município de São Paulo	Todo o Estado do Rio de Janeiro	Todo o território do Brasil
Frequência	Anual	Anual	Semestral para veículos de transporte escolar e outras modalidades segundo CONTRAN e anual para os demais veículos
Tipo de teste de emissão	Teste básico ¹	Teste básico ¹	Teste básico ¹
Teste de ruído	Sim	Não	Sim
Prestação dos serviços	Empresa privada	Poder Público (DETRAN/FEEMA)	Empresas privadas ou Poder Público
Prestação dos serviços	Empresas não podem ter vínculo com setor automotivo	-	Empresas não podem ter vínculo com setor automotivo
Estações de inspeção	Não são permitidas atividades de reparação nas estações	Não são permitidas atividades de reparação nas estações	Não são permitidas atividades de reparação nas estações
Inspeção de segurança	Não	Sim ²	Sim, a ser regulamentado pelo CONTRAN
Caráter punitivo	Sim	Apenas para inspeção de segurança ou veículos de uso intensivo.	Sim

Fonte: Elaboração Própria

1 Analisadores do tipo infra-vermelho, sendo medidos CO, HC com o veículo sem carga a 2500 rpm e em marcha lenta.

2 São verificados os sistemas elétrico, de iluminação, de sinalização, equipamentos obrigatórios (cinto de segurança traseiro e dianteiro, extintor de incêndio, buzina, etc.), rodas e pneus.

3.5. PROPOSTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA PADRÃO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR NO BRASIL

3.5.1. CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA PROPOSTA

No Brasil até o momento somente o Estado do Rio de Janeiro possui em vigor um programa de inspeção e manutenção veicular. Como, segundo a legislação brasileira, vencido o prazo de implantação de programas de I/M pelos órgãos estaduais e municipais caberá ao IBAMA assumir a tarefa de implantá-los no país⁶² e considerando que está tramitando no Congresso Nacional um Projeto de Lei para implantação de um programa padrão de I/M a nível nacional⁶³, gerando debates sobre o tema no país, foi elaborada a proposta de um programa padrão, com base nas experiências de I/M apresentadas neste Capítulo, visando o estabelecimento de algumas diretrizes gerais que poderão contribuir para o debate.

É fato que programas de I/M são importantes para o controle das emissões veiculares. Entretanto muitos programas não conseguem atingir seus objetivos de redução de emissões devido a problemas como, por exemplo, realização de testes inadequados ou insuficiência em termos de sua abrangência espacial. Por outro lado testes mais sofisticados muitas vezes representam custos elevados (dependendo do tipo de tecnologia adotado), e irrealistas para países em desenvolvimento como o Brasil.

Diante do exposto, foram considerados para a elaboração da proposta critérios que buscam gerar programas eficazes de I/M que efetivamente poderão contribuir para a redução das emissões, mas tentam evitar uma elevação de custos incompatível com a realidade econômica do país.

⁶² Resolução nº 256/99.

⁶³ Projeto de Lei nº 5979/01

3.5.2. PROPOSTA PARA UM PROGRAMA PADRÃO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR NO BRASIL

Os programas de I/M para itens relacionados à inspeção de poluentes e ruído devem ser implantados prioritariamente em regiões que apresentem comprometimento da qualidade do ar devido às emissões de poluentes pela frota circulante, como as grandes regiões metropolitanas brasileiras.

Como as regiões metropolitanas abrangem vários municípios, propõe-se que os programas de I/M sejam implantados pelos órgãos ambientais estaduais⁶⁴ para que o conjunto dos municípios que compõe um aglomerado urbano seja inspecionado⁶⁵. Além disso, facilita um convênio com o DETRAN do estado para que proprietário do veículo possa obter o Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo ao final da aprovação da inspeção sem necessidade de deslocamento a fim de se obter o documento.

O serviço de inspeção pode ser exercido por empresa privada através de concessão, desde que comprove, na licitação, capacitação técnica e financeira, e não tenha vínculo com o setor automotivo, ou pelo poder público. Além disso, os postos de inspeção não poderão realizar serviços de reparação para que os testes de inspeção sejam realizados da forma mais isenta possível, sem que haja interesse na comercialização de serviços além da inspeção.

A inspeção veicular será obrigatória para todos os veículos das regiões abrangidas pelo programa, independente do ano-modelo dos veículos, já que veículos de qualquer ano-modelo podem ser importantes emissores de poluentes se sofrerem deterioração significativa e não realizarem uma manutenção adequada. As inspeções devem ser

⁶⁴ Caso pertinente, em convênio com órgãos ambientais municipais para, por exemplo, atividades de fiscalização.

⁶⁵ Evitando-se um programa como o proposto para o Município de São Paulo, que deixará uma grande parcela da frota sem ser inspecionada.

anuais, conforme estabelecido pela legislação em vigor no Brasil e deve abranger a inspeção visual dos itens de controle de emissões, inspeção de ruído e de emissões.

Os testes de emissão realizados no Brasil, e previstos na Resolução CONAMA nº 7, de 1993, se referem a testes básicos de emissão, onde, considerando os poluentes locais, apenas os hidrocarbonetos e monóxido de carbono são medidos (em concentração), com os veículos sem carga, em marcha-lenta e a 2.500 rpm, conforme detalhado anteriormente.

Entretanto, segundo EPA (2004), esse tipo de teste é mais eficiente para veículos carburados, sem avançados sistemas de controle de emissões, na medida em que é capaz de identificar o mau funcionamento do sistema de carburação. O carburador é um sistema mecânico, no qual um nível anormal de emissões decorrentes, por exemplo, de um problema de ajuste de agulhas de mistura e Gicleurs pode ser detectado com o veículo em marcha-lenta e sem carga⁶⁶. Vale destacar que, caso seja detectado um alto nível de emissões em um veículo carburado em marcha-lenta e a 2500rpm, isso significa que o veículo também apresentará um alto nível de emissões em qualquer regime de operação do motor.

Veículos mais modernos, equipados com injeção e ignição eletrônicas e catalisadores de três vias podem apresentar, por exemplo, defeitos nos sensores de injeção e degradação dos catalisadores, sem que isso altere de forma mensurável o nível de emissões em regime de marcha-lenta. O mau funcionamento dos sensores tende a acarretar emissões anormais apenas em regimes de rotações mais altas, já que prejudica ou impede o monitoramento da queima do combustível e, conseqüentemente, o ajuste do sistema de injeção eletrônica. Assim, veículos com defeitos como o descrito podem apresentar baixo nível de emissão nos testes básicos mas podem emitir muito em regimes transientes de aceleração. Em outras palavras, o teste básico não funciona bem para veículos com injeção eletrônica porque suas emissões em marcha lenta não são proporcionais às emissões quando sob carga.

⁶⁶ A agulha de mistura é estrutura que entrega uma dada quantidade de combustível no ponto em que será misturado ao ar, dosando assim a mistura ar-combustível que mantém a marcha lenta. Gicleurs são estruturas dotadas de orifícios e de rosca que permitem a calibragem da quantidade de combustível que será misturada ao ar. Existem os gicleurs de marcha lenta e de alta rotação.

Além disso, o teste básico não mede emissões de NOx, desprezíveis quando o veículo encontra-se sem carga. O NOx é tipicamente produzido por motores sob carga, a altas temperaturas e em regimes de rotação mais elevados. Somente a utilização de dinamômetros, simulando condições reais de condução do veículo, pode identificar emissões veiculares de quantidades significativas de NOx.

O NOx e os hidrocarbonetos, através de processos fotoquímicos, são os formadores do Ozônio. A CETESB, nos seus relatórios anuais de qualidade do ar, verificou que o padrão de qualidade do ar⁶⁷ para este poluente tem sido freqüentemente ultrapassado na Região Metropolitana de São Paulo (CETESB, 2004), sendo um dos principais poluentes atualmente. Essa tendência deve se repetir nas outras grandes regiões metropolitanas do país⁶⁸.

Propõe-se, então, a utilização de testes avançados de inspeção com dinamômetros e analisadores de gases apropriados que medem as emissões de HC, CO e NOx dos veículos em regimes transientes de aceleração.

Entretanto, apesar de mais apropriados, os testes de inspeção com dinamômetros são mais custosos e exigem treinamento especializado dos operadores, além de terem um tempo maior de duração⁶⁹. Segundo EPA (2004), cada equipamento pode custar em média US\$75.000,00. A título de ilustração, o custo de implantação do posto de vistoria da Ilha do Governador (posto moderno) do Programa do Rio de Janeiro foi de aproximadamente US\$250.000,00⁷⁰.

Devido ao problema do custo elevado do equipamento, e sendo os testes básicos eficientes para veículos carburados, sem sistemas avançados de controle de

⁶⁷ Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas.

⁶⁸ Detalhes da qualidade do ar foram apresentados no Capítulo 1.

⁶⁹ Duram em média 4 minutos enquanto que em um teste básico as emissões são medidas de 30 a 90 segundos no máximo.

⁷⁰ Valor com base no dólar médio de setembro de 2004 (BACEN, 2004). Trata-se de um posto que contém 4 linhas de vistoria de testes básicos e um dinamômetro (não realiza testes de emissão). Não estão incluídos no custo os gastos com a aquisição do terreno e dos equipamentos, mas estão incluídos os custos referentes à construção civil, tais como: cobertura, pavimentação, cercamento, banheiros, cantina e prédio em alvenaria para atendimento e processamento de documentos dos usuários. Contudo, este custo é bastante dependente da área, da localização e da topografia do terreno em que se pretende construir o posto de inspeção (La Rovere *et al*, 2002).

emissões, propõe-se um programa de inspeção e manutenção utilizando testes básicos para veículos carburados e testes avançados para veículos com sistemas avançados de controle de emissões (por exemplo, injeção e ignição eletrônicas e catalisadores).

Os veículos no Brasil, a partir do ano-modelo 1992, em média, possuem sistemas de injeção eletrônica e, a partir do ano-modelo 1997, catalisadores de três vias⁷¹. Segundo CETESB (2004), por exemplo, a participação da frota de 2002 da Região Metropolitana de São Paulo dos veículos pré ano-modelo 1992 é de 56%. Neste caso, somente serão utilizados os testes mais sofisticados, e mais custosos, para, aproximadamente, metade dos veículos, reduzindo, inicialmente, o custo do programa. Essa participação não deve ser muito diferente em outras grandes regiões metropolitanas do País.

Os testes de inspeção sofisticados exigem treinamento mais especializado e necessidade de contratação de pessoal com formação profissional compatível com a atividade a ser desenvolvida. Nesse caso técnicos em mecânica serão necessários para operar os testes em dinamômetros, além de um responsável técnico em cada posto de inspeção. Os técnicos devem receber treinamento e serem certificados para atuar nos centros de inspeção.

O Programa deve ter caráter punitivo para todos os veículos inspecionados. Os veículos reprovados nas inspeções devem realizar o reparo necessário e retornar em até trinta dias para uma nova inspeção e, caso aprovado, obter o Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo.

A TABELA 26 apresenta de forma sucinta os principais pontos da proposta de um programa padrão de inspeção e manutenção veicular para o Brasil.

⁷¹ Detalhes sobre os estágios tecnológicos dos anos -modelos foram apresentados no Capítulo 2 e serão abordados no Capítulo 5.

TABELA 26 – Principais características da proposta de um programa padrão de I/M para o Brasil

Características	Proposta de Programa de I/M para o Brasil
Abrangência	Regiões metropolitanas do Brasil (Programa a ser implantado a nível estadual). Implantação gradativa no país com prioridade para regiões com problema de poluição atmosférica oriunda das emissões veiculares
Frequência	Anual
Taxa do serviço de inspeção	A ser definida por cada programa local em função do tamanho e idade da frota, disponibilidade de terrenos públicos ociosos, etc.
Tipo de teste de emissão	Teste básico para veículos carburados e testes avançados com dinamômetro para veículos com injeção eletrônica e modernos sistemas de controle de emissões
Teste de ruído	Sim
Prestação dos serviços	Empresa privada através de concessão ou pelo poder público
Prestação dos serviços	Empresas não podem ter vínculo com setor automotivo
Estações de inspeção	Não são permitidas atividades de reparação nas estações
Inspeção de segurança	No caso da implantação da inspeção de segurança em regiões onde forem necessárias inspeções de emissões, a inspeção deve ser em conjunto para melhor aproveitamento dos recursos de infra-estrutura física e administrativa e para que os usuários dos serviços não precisem realizar duas inspeções em locais distintos.
Caráter punitivo	Sim

Fonte: Elaboração própria

A seguir são apresentadas algumas recomendações necessárias para o programa padrão:

- Necessidade de registro dos veículos atualizado e preciso de cada região metropolitana onde será implantado o Programa para o planejamento e montagem da infra-estrutura necessária.
- Calibração periódica dos equipamentos.
- Auditorias periódicas por órgão independente para averiguar todo o processo a fim de garantir os objetivos e a transparência dos programas, verificando a qualidade dos serviços prestados, incluindo a verificação do desempenho dos funcionários, as condições de manutenção e operação das máquinas e

condições gerais de operação. Com relação aos equipamentos, a auditoria precisa certificar-se do bom funcionamento das máquinas através do acompanhamento e manutenção efetuados por pessoal especializado, além da verificação da calibração das máquinas (por órgãos credenciados pelo INMETRO)⁷².

- Integração do sistema de informações de cada posto de inspeção que alimente um banco de dados a ser administrado pelo órgão ambiental, com os resultados dos testes de emissão de cada veículo incluindo, também, informações do ano-modelo do veículo, quilometragem percorrida, combustível utilizado, entre outras.
- Divulgação dos benefícios do programa, buscando aprovação dos proprietários do veículo, aumentando a credibilidade do mesmo.
- Campanhas de educação para promover melhorias de manutenção veicular podem ser complementos importantes de um programa de inspeção e manutenção.
- Fiscalização dos órgãos estaduais de trânsito e demais órgãos de fiscalização para assegurar o cumprimento do Programa. Caso contrário, existência de aplicação de multas de valores altos suficientes para reduzir a evasão dos veículos.

⁷² Todas as atividades e equipamentos necessários à auditoria devem ser remunerados pelo repasse de parcela da tarifa de inspeção

4. PROGRAMA DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

4.1. ASPECTOS GERAIS

O progresso tecnológico, associado à intensificação da regulação ambiental, exerce grande influência nas emissões veiculares, gerando reduções substanciais nas emissões de grande parte dos poluentes (Zachariadis *et al* 2001).

Eliminar as principais fontes de poluição pode ser um importante instrumento de redução de emissões de poluentes veiculares. No caso dessas emissões, os veículos mais antigos são os principais poluidores em grande parte dos casos.

Houve recentemente uma melhoria tecnológica significativa dos veículos, além da utilização de equipamentos de redução de emissões, como catalisadores, ocasionando uma redução das emissões veiculares dos veículos mais novos em relação aos mais antigos. Neste caso uma substituição da parcela da frota mais antiga por uma mais nova, na qual o fator de emissão por veículo é menor, poderia resultar em uma redução expressiva das emissões.

Segundo Dill (2004), os veículos mais antigos emitem mais por quilômetro percorrido do que os mais novos por duas principais razões. Em primeiro lugar, são determinados limites de emissão cada vez mais rigorosos para os veículos novos, fazendo com que as emissões desses veículos sejam cada vez menores em comparação com os veículos mais antigos. Isto ocorre porque para o atendimento de padrões cada vez mais rigorosos de emissão, são incluídas, nos veículos mais novos, tecnologias cada vez mais sofisticadas de controle de emissões, como por exemplo, os catalisadores⁷³.

Em segundo lugar, as emissões de poluentes tendem a aumentar ao longo do tempo de uso do veículo, devido, por exemplo, à deterioração do sistema de controle de emissões. Veículos mais novos, então, geralmente se encontram em um estágio de

deterioração menor do que os mais antigos. Apesar de que, de um modo geral, veículos mais antigos são menos utilizados do que os veículos mais novos, a maior emissão por quilômetro é o suficiente para que sejam os principais poluidores dentre os veículos. Somando-se à deterioração das emissões oriunda da idade do veículo, os proprietários de veículos mais antigos são, geralmente, de uma classe de renda inferior, então muitas vezes não é realizada uma manutenção adequada, aumentando ainda mais suas emissões⁷⁴.

Uma forma, então, de eliminar os principais poluidores, no que diz respeito aos veículos leves, seria a implantação de um “Programa de Renovação Acelerada da Frota”. Um programa como este se propõe a estabelecer mecanismos de indução e estímulo para retirar de circulação, de forma acelerada, veículos antigos, mais poluidores.

Segundo Dill (2004), os benefícios para a qualidade do ar oriundos de programas de renovação acelerada da frota se baseiam, principalmente, em duas hipóteses: sem o programa o veículo antigo continuaria a ser utilizado por um período emitindo níveis altos de poluentes e o veículo mais novo que substituirá o antigo emite menos.

Reduzir emissões de poluentes veiculares locais é o principal objetivo de programas de renovação acelerada da frota. Geralmente o foco desses programas é a redução de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx). O CO apresenta uma maior correlação com a idade do veículo.

Com relação à poluição global, às emissões de CO₂, dependendo dos veículos novos que substituirão os antigos dentro de um Programa de Renovação Acelerada da Frota, o consumo de combustível, por veículo, relacionado diretamente às emissões de CO₂, poderá aumentar ou ser reduzido.

⁷³ As tecnologias de controle de emissões foram abordadas no Capítulo 2.

⁷⁴ Cabe ressaltar que muitos veículos novos, sem uma manutenção adequada, podem emitir mais do que veículos antigos, conforme apresentado neste estudo. Isto ocorre porque os veículos novos possuem sistemas sofisticados de controle de emissões que possibilitam uma menor taxa de emissão. Caso o sistema não esteja funcionando corretamente, as emissões se elevam substancialmente.

Segundo CEMT (1999), os efeitos dos programas de renovação acelerada da frota nas emissões de CO₂ ainda possuem incertezas. Podem ter um efeito negativo, pois as emissões totais de CO₂ podem aumentar devido ao uso mais intensivo dos veículos novos em comparação com os antigos. Veículos mais eficientes podem estimular os proprietários a utilizarem mais seus veículos, já que os gastos com combustível seriam menores (o que também aumentaria congestionamentos), aumentando as emissões de CO₂.

Um veículo novo adquirido na Europa em 1993 era, em média, menos eficiente no uso do combustível do que um novo modelo adquirido sete anos antes. Estimativas demonstraram que na Itália, por exemplo, um novo modelo adquirido em 1995 consumia mais, em média, do que os novos modelos vendidos nos doze anos precedentes. Neste caso, um programa de renovação acelerada da frota, se implantado na época, poderia ocasionar um aumento nas emissões de CO₂.

Em programas implantados na França, Irlanda e Espanha, dados mostram que a maior parte dos automóveis adquiridos, em substituição aos antigos sucateados, eram de pequeno porte, sendo o seu consumo de combustível inferior ao dos veículos sucateados, resultando, então, em menor nível de emissões de CO₂ (CEMT, 1999).

O principal benefício de programas de renovação acelerada da frota é o benefício ambiental da melhoria da qualidade do ar devido à redução das emissões veiculares. Mas existem, também, vários outros benefícios gerados por programas como esse: benefícios econômicos e de segurança no trânsito.

Com relação aos benefícios econômicos, há os benefícios oriundos do aumento das vendas de veículos novos, as quais impactam positivamente toda a cadeia da indústria automotiva gerando um crescimento do PIB e do nível de emprego, particularmente se o país tiver uma indústria automobilística de porte. Além disso, merece destaque a atividade econômica que poderia ocorrer no âmbito da reciclagem dos veículos usados, de seu transporte à entrega das matérias-primas recuperadas em retorno ao ciclo econômico, se o programa prever reciclagem de veículos.

No caso dos benefícios do aumento da segurança veicular e de trânsito, existem diversos oriundos da implantação de um programa de renovação acelerada da frota. Um desses benefícios seria a redução da quantidade de defeitos mecânicos que ocorrem com os veículos nas estradas, propiciando condições mais seguras de direção.

Informações da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), da Secretaria dos Transportes da Prefeitura de São Paulo, apresentados em ANFAVEA (2000), indicam o maior envolvimento dos automóveis com mais de dez anos de fabricação em acidentes viários com vítimas fatais, o que induz a existência de correlação entre veículos com idade avançada e mau estado de conservação.

Em 1997, os automóveis mais antigos, produzidos até 1985, que constituíam, aproximadamente, 18% da frota paulistana de automóveis, estiveram envolvidos em 41% dos acidentes viários com vítimas fatais em que estiveram presentes automóveis. Os indicadores da CET fazem supor que os veículos com idade avançada são três vezes mais propensos ao envolvimento em acidentes graves do que os veículos mais novos.

Outro indicador da CET é o número de veículos retirados das ruas, em função de defeitos. Tais incidentes concorrem para a morosidade do trânsito e potencializam os acidentes viários. Verifica-se que os veículos recolhidos por ação das autoridades em função de problemas mecânicos são na maior parte veículos mais antigos.

Outro benefício de programas dessa natureza seria a possibilidade de haver menos veículos em circulação, já que em alguns programas um dos incentivos oferecidos seria a substituição do veículo antigo, a ser sucateado, por um passe para o uso do transporte público durante um tempo determinado (gerenciamento da mobilidade).

Com relação aos benefícios ambientais, de um modo geral, programas de renovação acelerada da frota geram principalmente dois impactos no meio ambiente, um positivo e um negativo. O impacto positivo se trata da redução da emissão de poluentes devido à substituição dos veículos mais antigos por mais novos menos poluidores.

Por outro lado, a renovação acelerada da frota reduz a vida útil dos veículos a serem sucateados antecipadamente. A aceleração do sucateamento poderá causar um impacto ambiental devido ao uso dos recursos naturais para a produção dos veículos novos e o desmantelamento dos antigos sucateados. Se os programas se mantêm vigentes por um período muito longo aumentam a quantidade de energia e materiais utilizados no processo de fabricação dos novos veículos e do sucateamento e reciclagem dos veículos antigos. Por isso é necessária a escolha da porção mais antiga e poluidora da frota e a sua substituição, sem dar continuidade ao Programa por um longo prazo, já que pode não ser benéfico o sucateamento antecipado dos veículos um pouco mais novos (que já possuem tecnologias que permitem emissões menores⁷⁵). Isto significa que os programas de renovação acelerada da frota deveriam focar a retirada de circulação dos veículos mais antigos, efetivamente mais poluentes, focando mais as fases de uso do que as outras fases do ciclo-de-vida dos veículos.

Alguns estudos demonstraram que os benefícios ambientais da redução das emissões de poluentes atmosféricos devido à renovação da frota são maiores do que os custos ambientais relativos à produção e sucateamento dos mesmos.

A TABELA 27 apresenta alguns resultados do estudo *ExternE Transport Research Project* sobre os custos externos do transporte (CEMT, 1999).

TABELA 27 : Custos ambientais decorrentes da utilização de automóveis

Combustível	Ano-Modelo do Veículo (Características Técnicas)	Dano do uso (viagens entre cidades) (ECU*/1000 km)
Gasolina	Motor EURO-2	7,60
Gasolina	1990 com catalisadores	10,19
Gasolina	1980 com catalisadores	17,63
Gasolina	1980 sem catalisadores	43,22
Diesel	1990 - diesel	24,37

Fonte: Bickel *et al* (1997) em CEMT (1999).

*European Currency Unit

⁷⁵ Ver também Meyer (2001).

Os custos apresentados na TABELA 27 foram estimados através da metodologia “disposição a pagar”⁷⁶, relacionados ao dano físico da saúde humana ou do meio ambiente. Os resultados apresentados se referem a uma viagem entre duas cidades da Alemanha (Stuttgart e Mannheim). Os percursos das viagens dentro das cidades apresentaram danos maiores.

O mesmo estudo estima os custos ambientais relativos às externalidades associadas aos processos da cadeia de produção, *up-stream* e *down-stream*. Apesar de os resultados serem sujeitos a incertezas, sugerem que no caso dos veículos mais antigos (modelos de até a década de 80), os impactos de toda a cadeia, considerando o *up-stream* e o *down-stream* dos processos produtivos, são relativamente menores em comparação com os impactos da utilização do veículo.

Entretanto, isto não é verdadeiro para veículos mais novos que tiveram seus fatores de emissão reduzidos substancialmente. Segundo o estudo, o dano por km causado por um motor Euro-2 é da mesma ordem de grandeza do dano causado pelas suas fases de construção e desmantelamento.

Existem, de um modo geral, dois tipos de programas de renovação acelerada da frota. O primeiro oferece algum tipo de incentivo para o sucateamento do veículo, independente da decisão do proprietário do veículo de substituí-lo por um novo, ou usado, ou nenhum dos dois. Além disso, pode oferecer ao consumidor, também, a possibilidade da escolha de outros tipos de transporte, como por exemplo, o transporte público, a motocicleta ou bicicleta. O segundo tipo de programa vincula o bônus relativo ao sucateamento do veículo à sua substituição por um modelo novo ou pelo menos mais novo do que o veículo sucateado.

76 O Método de Valoração Contingente (MVC) possui como idéia básica o fato que as pessoas têm diferentes graus de preferência ou gostos por diferentes bens ou serviços e isso se manifesta quando elas vão ao mercado e pagam quantias específicas por eles. Isto é, ao adquiri-los, elas expressam sua disposição a pagar (DAP) por esses bens ou serviços. Esse método busca exatamente extrair a DAP de uma amostra de consumidores por uma mudança no nível do fluxo do serviço ambiental através de questionamento direto, supondo um mercado hipotético.

Na prática, o programa que oferece incentivo ao sucateamento do veículo sem uma obrigatoriedade da sua substituição por um novo pode aumentar a demanda por veículos usados, já que normalmente os proprietários que possuem veículos em idade para sucateá-los em um programa desse tipo são de classe de menor poder aquisitivo, não tendo recurso para a aquisição de um veículo novo. Nesse caso, a demanda por veículos usados poderia aumentar. Além disso, existe o risco de proprietários de veículos muito antigos, que não utilizam seus veículos devido ao estado geral de manutenção, sucatearem os mesmos em um programa como esse e adquirirem um veículo usado, somente um pouco mais novo, e efetivamente utiliza-lo, podendo, então, resultar em um aumento das emissões de poluentes.

A qualificação para os incentivos para o sucateamento dos veículos pode se basear nas emissões atuais dos mesmos a serem sucateados e daqueles que os substituirão. Entretanto isto pode, às vezes, gerar um efeito perigoso de proprietários aumentando as emissões dos seus veículos para poder ser qualificado para o Programa (Banco Mundial, 2002).

Devido a este fato, muitos programas de renovação acelerada da frota utilizam o critério da idade do veículo, apesar desta metodologia poder gerar resultados perversos se a idade mínima para o sucateamento for relativamente baixa (por exemplo, 10 anos) e o incentivo relativamente alto. A razão para isto é que o incentivo para o sucateamento influencia a determinação do preço do veículo usado. Neste caso, o grupo de renda mais baixa, que demanda e apenas pode arcar com veículos antigos e pouco custosos, podem ser encorajados a manter seus veículos antigos por mais tempo devido ao fato de a troca dos mesmos ser mais custoso agora do que antes da implantação de um programa de renovação acelerada da frota. Além disso, este fato incentiva os consumidores de baixa renda a adquirirem veículos antigos de outras partes do país que seriam menos custosos do que na área onde o programa foi implantado.

A oferta de incentivos freqüentemente pode gerar, também, uma distorção no programa devido ao fato de veículos mais antigos que não estariam mais em uso, apenas guardados, ou com pouquíssimo nível de utilização serem apresentados como veículos qualificados para receber os incentivos do programa. Neste caso o resultado

poderia ser um aumento das emissões destes proprietários, já que com veículos mais novos os mesmos tenderiam a utilizá-los mais.

O valor do incentivo para a substituição do veículo exerce grande influência no Programa. Quanto maior o incentivo, maior a quantidade de veículos que provavelmente serão sucateados. Um incentivo muito baixo atrairia somente veículos muito antigos cujo valor de mercado é significativamente baixo e os custos de manutenção veicular muito altos. De um lado isto pode ter um efeito positivo pois esses veículos são mais poluidores. Por outro lado os mesmos já estão mais perto da sua “idade” natural de sucateamento, com uma vida-útil mais curta. Assim, incentivando financeiramente a sua retirada de circulação antecipada pode não ser economicamente viável. Entretanto, dificilmente proprietários de veículos muito antigos (mais poluidores), com baixa renda, trocarão seus veículos por novos, menos poluidores, mediante incentivos pequenos.

À medida que o incentivo aumenta, mais veículos com valor de mercado mais alto e expectativas de custo de manutenção mais baixos poderão ser atraídos pelo Programa. Este fato geraria uma redução de poluentes mas também atrairia veículos com um desempenho ambiental relativamente bom. Isto poderia reduzir os benefícios do programa. O sistema de incentivo deveria, então, ser aplicado em conjunto com outros fatores que limitassem a quantidade de veículos a serem sucateados e focassem os veículos mais poluentes. Assim reitera-se a importância da idade do veículo como critério de seleção, já que os mais antigos são, na maior parte das vezes, os mais poluentes (CEMT, 1999).

Cabe acrescentar, porém, que os proprietários de mais baixa renda que conseguirem substituir os seus veículos possivelmente não terão condições de fazer uma manutenção adequada, fazendo com que as emissões sofram uma deterioração maior ao longo do tempo do que os veículos cujos proprietários possuem uma renda mais compatível com os custos de manutenção de um veículo. Assim, adicionar um programa de renovação acelerada da frota a um programa de inspeção e manutenção veicular seria benéfico⁷⁷.

⁷⁷ Programas de inspeção e manutenção são detalhados no Capítulo 3.

Além disso, em um programa de inspeção, caso o veículo fosse reprovado na inspeção veicular e que o custo do reparo e da manutenção fosse muito elevado, o proprietário poderia preferir dar baixa no seu veículo. Assim, um programa de renovação acelerada da frota poderia atrair os proprietários de veículos que não fossem aprovados nas inspeções e que os custos de reparo fossem muito elevados. Neste caso, os veículos poderiam ser selecionados nas inspeções para serem sucateados e substituídos⁷⁸.

A seguir são apresentadas as experiências internacionais de programas de renovação acelerada da frota e propostas brasileiras de programas dessa natureza.

⁷⁸ Cabe ressaltar que no Brasil, mais especificamente no Rio de Janeiro (único estado que possui em vigor um programa de inspeção e manutenção veicular), muitos proprietários de veículos antigos não fazem a inspeção obrigatória por diversos motivos, como às más condições de manutenção do veículo. O proprietário sabe de antemão que seu veículo provavelmente não passará na inspeção. Neste caso muitos veículos poluidores não seriam encaminhados para o programa de renovação acelerada da frota.

4.2. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

A frota de veículos mais antigos, mais poluentes, atraiu a atenção da indústria, dos reguladores e representantes políticos. Os atores envolvidos, públicos e privados, começaram a defender formas mais flexíveis, baseadas no mercado, para o controle da poluição atmosférica. Esses fatores conduziram à formação de programas de renovação acelerada da frota a nível internacional.

Os principais objetivos dos sistemas de renovação acelerada da frota, implantados internacionalmente, foram:

- Estímulo da indústria automotiva nacional e da economia.
- Melhoria da segurança veicular através da introdução de novos, mais seguros veículos.
- Redução das emissões veiculares.

Diversos países adotaram Programas de Renovação Acelerada da Frota no início dos anos 90, como, por exemplo, Grécia (1991-1993), Hungria (1993 até o presente momento), Dinamarca (1994-1995), Espanha (1994 até o momento atual), França (1994-1996), Irlanda (1995-1997), Noruega (1996) e Itália (1997-1998). Em alguns países os programas ainda estão em vigor. Vários governos locais nos Estados Unidos e no Canadá implantaram também programas desse tipo (Faudry, D. *et al*, 2000 e CEMT, 1999).

4.2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – EUA E CANADÁ

Programas nos EUA oferecem incentivos de US\$ 400,00 a US\$1000,00 para cada proprietário de veículo participante dos mesmos. Os veículos devem estar de acordo com os critérios de elegibilidade de cada programa, os quais geralmente incluem exigências relativas ao ano-modelo dos veículos, reprovação em testes de emissão (em alguns programas somente) e o veículo ser registrado na área de atuação do programa por um tempo mínimo determinado para evitar a importação de veículos antigos, cujos proprietários estão interessados em participar do programa (Dill, 2004).

Os programas norte-americanos de renovação acelerada da frota são financiados com recursos públicos e privados. Os programas com financiamentos privados geram créditos de redução de emissões. Esses créditos são utilizados pelas empresas para ajudar no cumprimento de outras regulações voltadas para o controle da poluição atmosférica.

Nos EUA, o *“Clean Air Act Amendments (CAAA)”*, de 1990, incluiu a renovação acelerada da frota em uma lista de medidas de controle de emissões no setor de transportes que as empresas, como, por exemplo, refinarias e usinas elétricas, poderão considerar nos seus projetos de redução de emissões. Reduções de emissões de HC e NOx efetivadas através de programas de renovação de automóveis são creditadas para a empresa que financiou o referido programa. A empresa pode utilizar os créditos de redução de emissões para atender seus limites ou negociar os mesmos com outras empresas no mercado de créditos como um crédito de redução de emissão. Os créditos adquiridos através de sistemas de renovação acelerada da frota são válidos por dois ou três anos. Após este período outras medidas precisam ser implantadas pelos poluidores para obter as reduções de emissões determinadas pelo CAAA.

Um exemplo de uso desses créditos seria uma empresa que não tivesse condições, no prazo requerido pela regulação, de instalar equipamentos necessários de controle

de poluição. Neste caso a empresa poderia adquirir créditos de redução de emissões gerados por um programa de renovação acelerada da frota que representassem uma redução equivalente ou maior do que a determinada pela regulação, até que o equipamento fosse instalado. A implantação desses programas que permitem a comercialização de créditos entre fontes de emissão estacionárias e móveis é permitida em algumas regiões dos EUA.

Em 1993 a EPA (*Environmental Protection Agency*), órgão ambiental federal dos EUA, produziu algumas diretrizes gerais para o cálculo e uso dos créditos de redução de emissões adquiridos através de programas de renovação veicular. Em outubro de 1998, o *California Air Resource Board* propôs regulamentações para empreendimentos voluntários de renovação acelerada da frota de veículos leves.

Cabe ressaltar que, segundo Dill (2004), existem opositores nos EUA quanto aos programas que permitem a comercialização de créditos entre fontes estacionárias e móveis, já que normalmente as fontes estacionárias estão localizadas em bairros mais pobres ou de imigrantes, expondo-os a níveis mais altos de emissão.

Um dos programas mais antigos de renovação acelerada da frota nos EUA foi implantado na área da Baía de São Francisco. O Programa sucateou mais de 10.000 veículos desde 1996.

Na Califórnia, em 1990, a Companhia de Petróleo Unocal implementou o primeiro de um dos maiores programas de renovação acelerada da frota "*The South Coast Recycled Auto Programme (SCRAP)*". Inicialmente o Programa objetivou retirar de circulação, aproximadamente, 7.000 automóveis ano-modelo pré-1971. O valor de US\$ 700,00 foi oferecido por automóvel para o seu sucateamento. Enquanto o programa estava em vigor, algumas empresas, como, por exemplo, a Companhia Ford, forneceram fundos adicionais. Assim, o programa acabou sucateando 8.376 veículos.

Após o sucateamento dos veículos, na Califórnia, metais e outras partes do mesmo podem ser reciclados, mas não reutilizadas. Outros estados permitem que algumas

partes sejam reutilizadas. O motivo da proibição da reutilização das partes é que as mesmas podem ser revendidas e permitirem que outros veículos antigos permaneçam circulando por mais tempo.

Em 1992, dois projetos pilotos foram implantados em Chicago e Delaware, tirando de circulação algumas centenas de automóveis antigos. Além disso, diversos outros programas, de abrangência local, foram implantados em várias áreas dos EUA.

De um modo geral os bônus oferecidos aos proprietários de veículos qualificados para os programas eram de, aproximadamente, US\$ 500,00 a US\$ 600,00 e a idade mínima requerida para qualificação dos automóveis era de quinze a vinte anos. Os automóveis qualificados muitas vezes eram selecionados por serem reprovados em testes de inspeção e manutenção veicular. No caso desses programas, o bônus era para o sucateamento do veículo, sem a vinculação com a compra de um outro novo.

Texas implantou um programa em dezembro de 1999. Cada indivíduo pôde sucatear até dois veículos. Os veículos qualificados para o programa foram os automóveis e comerciais leves ano-modelo 1968 ou mais antigos, ainda em funcionamento normal. Os incentivos foram de, na média, US\$500,00, com um prêmio adicional de US\$700,00 para veículos classificados como alto emissores, como veículos mais antigos que 1975. Em junho de 2000, Illinois implantou um Programa de Renovação Acelerada da Frota voltado para os veículos comerciais leves.

No Canadá foi implantado um Programa que teve, como alternativa ao sucateamento do veículo, um incentivo à utilização de transporte público. Neste caso, os proprietários dos veículos a serem sucateados foram encorajados a utilizarem o transporte público como substituição dos seus automóveis. Este tipo de incentivo claramente objetiva a tentativa de mudança modal em centros urbanos.

Em 1996 foi implantado um programa piloto com o objetivo de remover 1.100 veículos antigos nas regiões de Victoria e Lower Mainland. Os veículos qualificados deveriam ser de ano-modelo de 1983 ou mais antigos. Além disso, deveriam ter sido reprovados

nos testes de inspeção e manutenção. Os proprietários tiveram que dirigir seus veículos até a área de sucateamento para garantir que ainda estavam funcionando.

O bônus para o sucateamento foi diferenciado de acordo com a escolha da forma de substituição do veículo antigo. Os proprietários dos veículos qualificados para o programa poderiam receber CAD\$ 750,00 (aproximadamente US\$ 550,00) caso o seu veículo fosse substituído por um novo, ou CAD\$ 500,00 se fosse substituído por um veículo usado com o máximo de oito anos de idade. Além disso, proprietários poderiam receber um passe livre de um ano de uso gratuito do transporte urbano local, que valia, aproximadamente, CAD\$ 1000,00. Este último foi a opção mais escolhida. Segundo CEMT (1999), 52% dos proprietários dos veículos escolheram essa alternativa. Aproximadamente um terço dos proprietários nunca ou raramente tinham utilizado transporte público anteriormente. Na maior parte dos casos eles declararam estar satisfeitos com o transporte público após sua utilização.

O Programa demorou quase dois anos e meio para atingir o objetivo do sucateamento de 1.000 veículos. Apesar do período extenso, foi considerado um sucesso em *Lower Mainland* e continuou em vigor. No caso da região *Victoria* o Programa não obteve o mesmo sucesso e foi cancelado.

O sucesso do incentivo para o uso do transporte público que ocorreu no Canadá depende muito das condições do mesmo. Muitos países não possuem um sistema de transporte público eficiente com características de conforto, rapidez e segurança que gere uma mudança de comportamento dos proprietários de automóveis (transporte individual) fazendo com que os mesmos optem pelo uso do transporte público (transporte coletivo).

A TABELA 28 a seguir apresenta alguns resultados do Programa do Canadá.

TABELA 28 : Resultados do programa de sucateamento

	LOWER MAINLAND	VICTORIA
Número de carros aprovados para o sucateamento	1149	85
Número de carros efetivamente sucateados	900	55
Incentivos escolhidos		
Substituição por um carro novo	243	21
Substituição por um carro usado	147	10
Passe para transporte público	431	19

Fonte: Sokol e Harmacy (2003) – resultados fevereiro 2002.

No Programa Canadense, para que os veículos sejam aprovados para o recebimento dos incentivos, foram elaborados alguns critérios:

- Os veículos deveriam ser de ano-modelo 1987 ou mais antigo.
- Os veículos deveriam ser segurados na área de implantação do programa pelo menos pelos últimos 12 meses.
- Teriam que ter sido reprovados pelo menos uma vez em testes de emissão.
- Teriam que ter percorrido mais de 5.000 km no último ano.
- Os veículos precisariam ter condições de serem dirigidos até o centro de reciclagem.

Após um período os incentivos foram modificados objetivando o aumento da participação do público no Programa:

- US\$1.000,00 para a substituição do veículo antigo por um novo movido a gás natural veicular.
- US\$750,00 para a substituição do veículo antigo por um novo.

- US\$500,00 para a substituição do veículo antigo por um usado ano-modelo 1988 ou mais novo.
- Oito meses de passe livre no transporte público em uma área de três zonas (valor de US\$824,00).
- Dez meses de passe livre no transporte público em uma área de duas zonas (valor de US\$780,00).
- Quatorze meses de passe livre no transporte público em uma área de 1 zona (valor de US\$756,00).
- Vinte meses de passe livre no transporte público realizado por uma concessionária.
- Passe de vinte e oito dias para o *West Coast Express*.
- US\$500,00 para a aquisição de uma bicicleta.
- US\$750,00 para a realização de um *pool* para adquirir uma van.

Conforme apresentado anteriormente, o incentivo mais escolhido foi o passe livre para uso do transporte urbano. Um dos motivos é o alto valor do incentivo. A maioria escolheu a opção do passe livre, 30% a aquisição de um automóvel novo, 12% a aquisição de um automóvel usado e 10% a opção da bicicleta. O veículo movido a gás natural veicular e o *pool* de van demonstraram não serem opções populares na época.

As emissões dos veículos aprovados para participação no Programa foram estimadas através de testes em uma amostra desses veículos. A redução das emissões foi calculada com base na diferença entre a média das emissões dos veículos sucateados e a estimativa das emissões dos veículos que substituirão os veículos sucateados (veículos novos, veículos usados ou passe livre para uso de transporte público).

A TABELA 29 apresenta as reduções de emissões do Programa da região de British Columbia, assumindo-se que os veículos sucateados teriam ainda uma sobrevida de três anos.

TABELA 29 : Redução de emissões do Programa de Renovação Acelerada da Frota - British Columbia (ton/1000 veículos no período de três anos)

Incentivo	HC	CO	NOx
Carro novo	189	1224	240
Carro usado	171	1089	36
Passe-livre transporte público	192	1284	51

Fonte: Asian Development Bank (2004)

Em Ontário, Canadá, foi também implantado um programa, com o nome de “Car Heaven”. O Programa entrou em vigor em julho de 2000 e foi planejado para ficar em vigor por um período de três anos. Ontário possui um dos maiores índices de poluição atmosférica no Canadá. Isto ocorre porque dos 17 milhões de veículos em circulação em todo o país, aproximadamente sete milhões são localizados em Ontario.

Nos primeiros cinco meses de vigência do Programa, *Car Heaven* retirou de circulação de 1.500 a 2.000 veículos. O Programa difere de muitos outros porque o mesmo revende partes dos veículos desmantelados, que não emitem, e doa os recursos para centros de caridade.

Outro programa canadense implantado foi o *Calgary Scrappage Program*. O Programa foi desenvolvido para vigorar durante três anos e o programa piloto foi implantado em março de 2002. O Programa priorizou os 100.000 veículos ano-modelo entre 1975 e 1987. O mesmo considerou que os veículos ano-modelo mais antigos que 1975 são veículos de colecionadores. Os veículos considerados no Programa correspondem a, aproximadamente, 20% dos 550.000 veículos registrados em Calgary.

O Programa possui três principais objetivos: reduzir as emissões veiculares através da retirada de circulação dos veículos mais antigos mais poluentes, educar a população quanto aos efeitos das emissões no meio ambiente e avaliar a aceitação do público com relação à futura implantação de um programa permanente de renovação acelerada da frota.

Para que o veículo seja elegível nesse Programa o mesmo deve se adequar aos seguintes critérios:

- Ano-modelo 1987 ou mais antigo;
- Automóvel ou veículo comercial leve não superando 2.721 kg;
- Registrado em Calgary no mínimo nos últimos doze meses;
- Registrado legalmente pelo proprietário do veículo a ser sucateado.

O Programa de Calgary se iniciou com um incentivo para os participantes do programa de US\$500,00 de crédito para a substituição do veículo antigo por um ano-modelo 1994 ou mais novo e um recibo de pagamento de taxa de US\$50,00 ou um passe livre de doze meses para utilização do transporte público de Calgary mais um recibo de pagamento de taxa de US\$50,00. Os incentivos foram concedidos de acordo com a ordem de chegada dos proprietários.

O maior incentivo é para o passe livre para uso do transporte público, no valor de US\$660,00. O órgão de trânsito da cidade de Calgary fornece os passes livres. Os vendedores de veículos deverão participar do Programa. Sua contribuição seria em torno de US\$165,00 para qualquer veículo novo ou usado adquirido de um comerciante autorizado. O processo seria realizado da seguinte forma: um participante do programa negociaria o preço do veículo com o vendedor, depois apresentaria o certificado do bônus de US\$500,00. O vendedor reduziria o preço do veículo de acordo com o certificado e solicitaria um reembolso de US\$335,00.

4.2.2. EUROPA

Vários países europeus também implantaram programas de renovação acelerada da frota. A maior parte desses programas determina a substituição do veículo antigo por um novo, zero quilômetros. Existem, também, programas que aceitam a substituição de veículos mais antigos por veículos mais novos, mas usados, contanto que esses não tenham mais do que oito anos, por exemplo.

Muitos programas europeus, vários dos quais são projetados para atingir múltiplos objetivos incluindo a redução da emissão de poluentes atmosféricos, aceitam veículos com dez anos de idade ou mais.

A Grécia foi o primeiro país europeu a implantar programas de renovação acelerada da frota, de janeiro de 1991 a março de 1993. O Programa da Grécia limitou a renovação com a substituição dos automóveis antigos por automóveis catalisados⁷⁹. O primeiro programa foi aplicado em Atenas com o propósito de acelerar a introdução de automóveis equipados com catalisadores para melhorar a qualidade do ar na região. Uma redução de 40 a 60% nos impostos que incidem sobre os veículos novos foi oferecida como um bônus para qualquer um que adquirisse um modelo novo, com a condição do sucateamento de um veículo com mais de 10 anos de idade. Outras taxas também foram reduzidas, como, por exemplo, a de registro dos veículos, fora do escopo do programa de sucateamento para aqueles que adquirissem automóveis novos equipados com sistemas de catalisadores. O programa foi estendido para toda a Grécia e foi finalizado em 1993.

Em setembro de 1993 a cidade de Budapeste, na Hungria, implantou um programa direcionado para a eliminação de veículos muito antigos. Proprietários de veículos antigos que sucateassem e os substituíssem por um dos cinco modelos “mais limpos”,

⁷⁹ Cabe acrescentar que os ganhos de um programa de renovação da frota tenderão a ser cada vez mais reduzidos tanto maior for a parcela dos veículos catalisados da frota. Futuramente, grandes ganhos podem ocorrer quando novas tecnologias e combustíveis entrarem em vigor, como por exemplo, o hidrogênio.

escolhidos pelo Governo, foram qualificados para receberem um bônus de, aproximadamente, US\$ 500,00. Caso não substituíssem o veículo antigo, apenas sucateassem, poderiam receber um passe-livre de um ano de transporte público gratuito para os proprietários e suas famílias em Budapeste. O Programa foi, depois, estendido ao resto da Hungria.

Segundo CEMT (1999), o programa implantado em Budapeste não obteve sucesso. Foi oferecido como incentivo um passe-livre de um valor similar ao valor oferecido para a troca do veículo antigo por um modelo novo para o uso de transporte público para os proprietários dos veículos sucateados e suas famílias com no máximo quatro membros. Entretanto, observou-se que, na prática, esta opção não era tão atraente, visto que muitos proprietários desses veículos eram aposentados e pessoas com mais de 65 anos, os quais poderiam, independente do Programa, obter passe livre para o transporte público em Budapeste. Os proprietários mais jovens poderiam obter vantagem em utilizar o transporte público mas não quiseram contar apenas com este tipo de transporte, muitos preferindo, então, manter seu veículo antigo.

A Dinamarca introduziu em 1994 um bônus de US\$ 1.000,00 para qualquer proprietário que sucateasse seu veículo caso o mesmo tivesse mais de dez anos de idade, independente da sua substituição. O programa durou até o final de junho de 1995. O valor do incentivo decrescia progressivamente a cada seis meses. Aproximadamente 100.000 automóveis foram sucateados nos primeiros seis meses, mais do que 6% da frota. Em torno de 11% dos proprietários substituíram os seus automóveis antigos por modelos novos (CEMT, 1999).

Um programa de renovação acelerada da frota foi implantado, inicialmente, na França em fevereiro de 1994. Um incentivo de US\$ 950,00 foi oferecido àqueles que fossem proprietários de veículos com mais de dez anos de idade e quisessem sucateá-los e substituí-los por veículos novos. Este valor corresponderia a, aproximadamente, 6% do preço médio de um automóvel novo em 1994. Descontos futuros foram oferecidos pelos fabricantes e comerciantes de veículos. O programa foi encerrado em junho de 1995. Um segundo programa com um bônus ainda maior esteve vigente de outubro de 1995 até o final de setembro de 1996. A idade mínima do veículo para o sucateamento

era de oito anos, menor do que no primeiro programa. Os dois programas sucatearam um total de 1.560.000 veículos.

Na Espanha foi implantado um programa em abril de 1994, oferecendo para a população um bônus de US\$ 630 a US\$ 750 para aqueles que sucateassem veículos com mais de dez anos de idade e os substituíssem por novos. O Programa esteve em vigor até o final de 1995, com uma redução da idade mínima de sucateamento dos veículos de dez para sete anos. Em 1994 e 1995 foram sucateados 211.000 e 146.000 veículos, respectivamente. Essas quantidades representavam 11,5% e 7,4% da frota. Em 1996 houve uma redução significativa da taxa de registro do veículo novo, independente do sucateamento, incentivando a demanda por veículos novos. O programa se tornou permanente a partir de 1997.

Em junho de 1995, a Irlanda implantou um programa de renovação acelerada da frota que incentivou o sucateamento de veículos com mais de dez anos de idade e sua substituição por modelos novos mediante um bônus de US\$1.600 na taxa de registro do veículo novo. O programa ficou em vigor até o final de 1997. Em 1995, 1996 e 1997 foram sucateados 5.540, 19.400 e 35.000 veículos, respectivamente. A maior parte dos veículos sucateados no programa tinham entre 10 e 12 anos de idade.

Na Noruega foi introduzido um incentivo de US\$ 800 para o sucateamento de veículos com mais de 10 anos. Não era obrigatória a substituição do veículo sucateado por um novo. Um número considerável de automóveis sucateados foi repostos por veículos já usados, de segunda mão. O incentivo ocasionou o sucateamento de um excedente de 150.000 veículos (7% da frota) em relação à taxa de sucateamento natural da frota.

A Itália foi o último país europeu a introduzir incentivos para acelerar o sucateamento dos veículos. Em janeiro de 1997 o governo ofereceu um incentivo de, aproximadamente, US\$ 900 a US\$ 1.200 para cada automóvel a ser sucateado, de acordo com o tamanho do veículo novo a ser adquirido. O incentivo era oferecido com a condição da compra de um novo veículo. Em 1997, em torno de 1.148.000 automóveis antigos foram sucateados dentro do programa, representando, aproximadamente, 4% da frota.

De fevereiro a setembro de 1998 um segundo programa foi implantado na Itália. Desta vez, para o recebimento do bônus foi necessária a substituição do veículo sucateado por um novo modelo que tivesse uma média de consumo de combustível (de gasolina ou de diesel) entre sete e nove litros por 100km ou menos de sete litros, respectivamente. Em outubro de 1997, bônus foram também oferecidos para a substituição dos veículos sucateados por modelos movidos a GNV, gás liquefeito de petróleo – GLP ou eletricidade. Os incentivos ainda existem para a substituição por veículos elétricos. O sucesso do programa tem sido limitado devido à falta de infraestrutura para o abastecimento de metano (por exemplo, posto de combustível) e eletricidade. Em 1998 um programa de sucateamento de motocicletas também foi implantado pelo governo italiano.

4.3. EXPERIÊNCIA BRASILEIRA – PROPOSTAS EXISTENTES DE PROGRAMAS DE RENOVAÇÃO ACELERADA DE FROTA

No Brasil, o Sindicato dos Metalúrgicos propôs um programa de renovação e reciclagem da frota nacional, sendo de caráter permanente e voluntário, dirigido à renovação e reciclagem de parte da frota de automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus (Assessoria do Sindicato dos Metalúrgicos, 2002).

Segundo a proposta, a frota nacional circulante é estimada em cerca de 20 milhões de veículos (14,9 milhões de automóveis; 2,3 milhões de comerciais leves; 1,2 milhões de caminhões; 203 mil ônibus e 85 mil microônibus). Deste total, aproximadamente nove milhões têm idade superior a dez anos e 6 milhões acima de quinze anos. O estudo propôs o estímulo à “troca” dos veículos mais antigos (com mais de 15 anos) por veículos zero quilômetros em uma primeira fase do Programa e após, os veículos com mais de 10 anos de uso.

O estímulo seria realizado através de uma redução dos preços dos veículos novos por meio da redução de margens de lucro e impostos, novas linhas de financiamento com taxas de juros e prazos de pagamentos mais favoráveis, pagamento de um bônus pela entrega do veículo antigo, além da desoneração dos custos na baixa do veículo. Os veículos mais antigos, substituídos por novos, no âmbito do referido Programa, deveriam ser encaminhados para baixa, sucateamento e reciclagem de materiais (vidro, ferro fundido, não ferrosos, aço, plásticos, borracha, etc.) nos centros de reciclagem de veículos que seriam constituídos no país.

O Programa de Renovação e Reciclagem da Frota Nacional teria as seguintes metas, se fosse implantado em 2003 (TABELA 30):

TABELA 30: Metas para o Programa de Renovação e Reciclagem da Frota Nacional

ANO	TOTAL DE VEÍCULOS RECICLADOS
2003	100.000
2004	220.000
2005	330.000
2006	500.000

Fonte: Assessoria do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, 2002.

A ANFAVEA também realizou um estudo para a implantação de um programa de renovação acelerada da frota no Brasil, considerando incentivos financeiros, a elasticidade do preço sobre a demanda e a capacidade ociosa da indústria automotiva⁸⁰ (ANFAVEA, 2000).

A proposta do programa da ANFAVEA baseia-se na oferta de um certificado-incentivo a ser utilizado na aquisição de um veículo novo para os proprietários de veículos com quinze anos ou mais de fabricação que forem entregues para baixa, sucateamento e reciclagem.

O programa tem caráter permanente e introduziria no país a prática de reciclagem de veículos. A entrega do veículo usado ocorreria na rede concessionária oficial ou em locais devidamente credenciados. As empresas fabricantes de veículos fariam parte da coordenação de implantação das instalações dos centros de sucateamento e reciclagem.

⁸⁰ A elasticidade-preço da demanda mede a variação relativa na quantidade demandada de um bem em relação a uma variação do seu preço. O coeficiente dessa elasticidade pode ser obtido dividindo-se a variação percentual da quantidade demandada pela variação percentual do preço. Foi utilizado na proposta da ANFAVEA o coeficiente da elasticidade-preço da demanda estimado em Negri (1998): valores entre -0,6 e -0,7. Foram aplicados esses valores sobre a diferença entre o incentivo oferecido pelo Programa e o valor de mercado do veículo usado entregue para reciclagem.

No estudo da ANFAVEA, admitiu-se, em primeiro lugar, que a frota de veículos leves com 15 anos ou mais de fabricação é da ordem de 5.8 milhões de unidades. Desse universo iriam se candidatar ao Programa àqueles proprietários cujo valor de mercado de seus veículos usados fosse inferior ao incentivo oferecido para a aquisição de um veículo novo.

O certificado estímulo seria formado por contribuições da iniciativa privada, na forma de redução de preço dos veículos novos, e dos Governos Federal e estaduais, na forma de redução de tributos sobre produção e consumo, igualmente transferida aos consumidores. A TABELA 31 apresenta os parâmetros de incentivos do estudo.

TABELA 31: Incentivos do Programa – parâmetros do estudo

Contribuintes	Valores de contribuição	
	Veículos novos a gasolina (R\$)	Veículos novos a álcool (R\$)
Fabricantes de veículos (redução de preços)	300	300
Distribuidores de veículos (redução de preços)	300	300
Governo Federal (redução de impostos)	700	700
Governos Estaduais (redução de impostos)	500* (ICMS)	900 (ICMS) + 500 (IPVA)
Fabricantes de álcool combustível (mil litros de álcool)	-	500**
Total das contribuições	1.800	3.200

Fonte, ANFAVEA, 2000.

* Valores representam montantes discutidos com o Governo do Estado de São Paulo.

** Montante considera mil litros de álcool, conforme proposição dos produtores de álcool.

Numa primeira etapa do Programa, o esforço estaria concentrado em dar oportunidade de sucateamento aos veículos ano-modelo anteriores a 1990, ano a partir do qual

passaram a ter superior significado os sistemas de controle das emissões veiculares, reduzindo-se os fatores de emissão dos veículos novos ao longo do tempo.

O estudo da ANFAVEA concluiu que a faixa de veículos leves usados, a serem abrangidos pelo Programa, para efeito de aquisição de um veículo novo, pode ser estimada entre 142.000 unidades e 242.300 unidades, para cada período de um ano. O limite mínimo considera hipotética a preferência dos consumidores pela aquisição de um veículo novo a gasolina (neste caso os estímulos financeiros seriam menores do que para o álcool). O limite máximo representa uma preferência de 100% dos consumidores pelos veículos a álcool.

Nos centros de centros de reciclagem, os veículos deveriam passar por três etapas:

- Etapa 1: Despoluição – itens: bateria, óleos de motor, de câmbio, diferencial, freio e amortecedores, graxas, filtros de óleo e de ar, combustível, líquidos do radiador e do lavador de pára-brisa e o extintor de incêndio.
- Etapa 2: Materiais não metálicos – tecidos, espumas, vidros laterais, dianteiro, traseiro, outros, plásticos, borrachas, pneumáticos e câmara de ar.
- Etapa 3: Materiais metálicos

As sucatas resultantes, classificadas, seriam devolvidas ao ciclo econômico, na forma de matérias primas ou para geração de energia. Os dejetos teriam que ter adequado destino. O trabalho dos centros deve estar atento às normas técnicas e padrões, com permanente incorporação da evolução técnica.

4.4. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL E DA BRASILEIRA

Diversos países implantaram programas de renovação acelerada da frota na década de 90, como por exemplo, países da Europa (Itália, Espanha, Hungria, Dinamarca, etc.), governos locais nos EUA e no Canadá.

Os programas norte-americanos geralmente incluem exigências relativas ao ano-modelo dos veículos, o que é importante para que o programa foque apenas o sucateamento dos veículos mais poluentes, aumentando a eficiência do programa em termos de maiores reduções de emissões. Outro aspecto positivo dos programas norte-americanos é a obrigatoriedade do veículo ser registrado na área de atuação do programa por um período mínimo estipulado, evitando assim a importação de veículos antigos de outras localidades para a participação no programa.

Um dos programas mais antigos nos EUA foi o programa da Baía de São Francisco. O Programa ofereceu um valor de US\$ 700,00 para o proprietário sucatear seu veículo. Os veículos deveriam ter entre quinze a vinte anos. Muitas vezes veículos reprovados nos testes de I/M e que precisariam despendar altos valores para reparação eram estimulados a participarem do programa. Vários outros programas foram também implantados nos EUA com incentivos para o sucateamento variando de US\$ 500,00 a US\$ 600,00.

No Canadá os programas de renovação acelerada da frota tiveram como alternativa ao incentivo financeiro um incentivo ao uso do transporte urbano através de um passe livre válido por um período determinado, o que representou uma mudança modal. Esta alternativa obteve, portanto, sucesso no programa canadense. Os programas utilizaram também o critério ano-modelo para o sucateamento e exigiram o registro local dos veículos a serem sucateados. Outro aspecto positivo dos programas canadenses é que os veículos tiveram que ser dirigidos até a área de sucateamento para garantir que ainda estavam funcionando.

A escolha por parte de proprietários de veículos antigos pelo passe livre para uso do transporte público depende muito das condições do mesmo. Muitos países não possuem um sistema de transporte público de qualidade, com características de rapidez, conforto e segurança capazes de gerar uma mudança no comportamento e estilo de vida dos proprietários de automóveis. Um programa de sucateamento que ofereça a alternativa do transporte público deverá levar este fato em consideração, estando associado a um programa de melhoria deste tipo de transporte que aumente a atratividade desta opção.

Vários países europeus também implantaram programas de renovação acelerada da frota. A maior parte dos programas determina a simples substituição de um veículo antigo por um veículo novo. A Grécia implantou um programa que limitou a renovação à substituição dos automóveis antigos por automóveis catalisados. Uma redução de 40 a 60% dos impostos que incidem sobre os veículos novos foi oferecida como bônus para qualquer proprietário de veículo com mais de dez anos de idade que adquirisse um modelo novo, com a condição de sucateamento do antigo.

Na Hungria foram oferecidas duas alternativas, ou US\$500,00 para a substituição do veículo antigo por um novo ou um passe livre de um ano para utilização do transporte público. Esta última alternativa não obteve sucesso devido ao fato de muitos proprietários de veículos mais antigos serem idosos (com idade acima de 65 anos), os quais já possuem direito ao transporte público gratuito. Os proprietários mais jovens optaram por manter seu veículo antigo ou substituí-lo por um novo.

Vários outros países europeus, como França, Espanha, Irlanda e Itália optaram por programas de substituição de veículos antigos por novos, considerando que uma parcela dos proprietários de automóveis prefere manter a possibilidade do transporte individual em detrimento do transporte público devido a uma série de razões, como, por exemplo, razões culturais, de status, privacidade, em alguns casos rapidez, etc.

Alguns países, como, por exemplo, Espanha, optaram por tornar o programa permanente. Isto pode reduzir a eficiência de um programa desse tipo que deveria

focar a substituição apenas dos veículos com os maiores fatores de emissão, tipicamente àqueles anteriores à adoção de avançados sistemas de controle de emissões. Caso contrário é incentivada a redução permanente da vida útil dos veículos, sucateados antecipadamente, sem a garantia de ganhos substanciais em termos de redução de emissões, e ainda com possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente, na medida em que o processo de fabricação dos novos veículos e do sucateamento e reciclagem dos veículos antigos utiliza energia e materiais.

No Brasil existem apenas propostas de implantação de programas dessa natureza, com base em incentivos para proprietários de veículos mais antigos substituírem seus veículos por veículos novos, como, por exemplo, a proposta realizada pela ANFAVEA.

O programa proposto pela ANFAVEA seria de caráter permanente, o que implica nos problemas acima mencionados. O programa se baseia na oferta de um incentivo para que proprietários de veículos mais antigos substituam seus veículos por novos. Entretanto, ressalte-se que em um país em desenvolvimento como o Brasil, dificilmente um número significativo de proprietários de veículos mais antigos teria condições de substituir seus veículos por novos, mesmo mediante um incentivo para pagamento à vista. Para assegurar o sucesso de um programa como esse no Brasil seriam necessárias linhas de financiamento com juros e prazos favoráveis para atrair os proprietários de veículos mais antigos que efetivamente utilizam seus veículos e desejam manter o transporte individual como opção no seu cotidiano.

4.5. PROPOSTA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA PADRÃO DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA NO BRASIL

4.5.1. CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA PROPOSTA

A implantação de programas de renovação acelerada da frota em países em desenvolvimento, como o Brasil, possui uma série de dificuldades. Há que se considerar, além dos aspectos técnicos de redução de emissões, os aspectos sociais e econômicos, levando em consideração o fato de que geralmente proprietários de veículos mais antigos são de classe de renda mais baixa e possivelmente teriam dificuldade em substituir seu veículo por um novo, fato mais marcante em países menos desenvolvidos com piores distribuições de renda.

Foi elaborada, então, a proposta de um programa dessa natureza visando o estabelecimento de algumas diretrizes e de um caminho padrão que buscam assegurar uma redução de emissões em termos técnicos e ao mesmo tempo permitir o acesso ao programa dos proprietários de veículos elegíveis.

Os critérios levados em consideração para a elaboração da proposta foram:

- Eficiência em termos de redução efetiva das emissões
- Custo - priorização de regiões que apresentam maior comprometimento da qualidade do ar
- Consideração da provável restrição de renda dos proprietários dos veículos elegíveis
- Repartição do incentivo financeiro entre o setor público e a iniciativa privada
- Minimização das possibilidades de fraude

4.5.2. PROPOSTA PARA UM PROGRAMA PADRÃO DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA NO BRASIL

Propõe-se a implantação de um programa padrão de renovação acelerada da frota registrada prioritariamente em regiões que apresentem comprometimento da qualidade do ar devido às emissões de poluentes pela frota circulante (as grandes regiões metropolitanas brasileiras). Como as regiões metropolitanas abrangem vários municípios, propõe-se que os programas de renovação acelerada da frota sejam coordenados pelos órgãos ambientais estaduais (com apoio do governo federal)⁸¹.

O programa deve ser de caráter voluntário e baseado em incentivos para a substituição de um veículo usado por um veículo novo *flex-fuel*⁸². O Programa deve ser dividido em dois estágios: no primeiro seriam substituídos os veículos ano-modelo pré-1989 (pré-PROCONVE) e no segundo estágio os veículos ano-modelo pré-1992 (PROCONVE II). O programa deve ser temporário (ao contrário das propostas brasileiras de programas desse tipo, apresentadas anteriormente) ficando em vigor até o sucateamento e/ou substituição dos veículos ano-modelo pré-1992, os quais, na média, já possuem sistemas de injeção eletrônica e de controle de emissões que possibilitaram o atendimento dos limites de emissão da Fase II do PROCONVE⁸³.

A TABELA 32 apresenta a média dos fatores de emissão para veículos novos agregados por ano-modelo pré 1989, 1989-1991 e a partir de 1992 para veículos movidos a gasolina e a álcool⁸⁴. Percebe-se que as emissões dos veículos novos (fatores de emissão por veículo) reduzem quanto mais novos os modelos dos veículos.

⁸¹ Com a participação dos municípios, caso pertinente.

⁸² Conforme detalhado no Capítulo 2, na seção que trata do álcool combustível, desde o início de sua comercialização (março de 2003) as vendas de veículos *flex-fuel* têm crescido significativamente tendendo a dominar as vendas de veículos leves no Brasil no curto prazo, com a vantagem da possibilidade da utilização de um combustível renovável (álcool hidratado).

⁸³ O PROCONVE foi detalhado no Capítulo 2.

⁸⁴ A relação integral dos fatores de emissão por ano-modelo será apresentada na TABELA 38 do Capítulo 5 que trata da metodologia e foi representada pelas Figuras 3, 4 e 5 do Capítulo 2.

TABELA 32 – Média dos Fatores de emissão para veículos leves novos a gasolina (g/km)

Ano-modelo	Gasolina		
	CO	HC	NOx
Pré 1989	31,1	2,8	1,6
1989-1991	13,3	1,4	1,4
1992 em diante	3,1	0,4	0,4
	Álcool		
	CO	HC	NOx
Pré 1989	16,05	1,63	1,35
1989-1991	10,67	1,33	1,10
1992 em diante	2,45	0,42	0,43

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2004)

Os participantes do programa receberiam um incentivo financeiro para a substituição de seu veículo antigo por um novo. Esse incentivo seria definido como um desconto no valor do veículo novo, composto pelo somatório de contribuições tanto da iniciativa privada (redução do preço) quanto do setor público (renúncia fiscal). A obtenção do desconto estará condicionada à apresentação do certificado de sucateamento do veículo antigo. A TABELA 33 apresenta essas contribuições, as quais devem ser repassadas ao preço final dos veículos para os participantes do Programa⁸⁵.

⁸⁵ A repartição das contribuições foi proposta com base no estudo da ANFAVEA (2000), apresentado anteriormente. No estudo, a maior parte das contribuições dos incentivos propostos é oriunda da redução marginal de impostos, tanto federais quanto estaduais. Pode-se considerar, para a efetiva formulação da política pública, uma atualização da forma de repartição das contribuições públicas e privadas considerando uma nova rodada de negociação entre as partes.

TABELA 33 - Valores da contribuição para o incentivo à substituição do veículo antigo por um novo dentro do Programa de Renovação Acelerada da Frota (R\$)

Contribuintes	Substituição por veículos novos <i>flex-fuel</i>
Fabricantes e distribuidores de veículos (redução de preços)	767
Governo Federal (redução de impostos)	894 (IPI)
Governos Estaduais (redução de impostos)	639 (ICMS)
Total das contribuições	2.300*

Fonte: Elaboração própria com base em ANFAVEA (2000).

*Valor Presente – VP de R\$1.800,00 (janeiro de 2000 para janeiro de 2003) a partir do IPCA do IBGE.

Há que se considerar, em complemento ao incentivo e no sentido de aumentar as chances de sucesso do programa, a criação de um sistema de financiamento, em condições especiais, para aquisição do veículo novo⁸⁶. O acesso ao financiamento estará, também, condicionado à apresentação do certificado de sucateamento do veículo antigo.

A TABELA 34 apresenta os principais pontos da proposta do programa padrão para o Brasil.

⁸⁶ Poderia, por exemplo, ser criada uma linha de financiamento associada ao programa no Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES. Cabe, ainda, acrescentar que, na capitalização de um fundo associado ao programa, poderão ser considerados recursos provenientes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, gerados a partir da redução de carbono obtida pelo sucateamento de veículos antigos quando movidos a gasolina, substituídos por veículos novos, do tipo *flex-fuel*. A emissão de certificados de redução de emissão de GEE estaria subordinada a efetiva verificação de que os veículos rodaram utilizando o álcool como combustível, o que poderá ser realizado pelo *download* no momento da vistoria anual (em um programa de I/M), dos dados armazenados no chip de controle dos veículos.

TABELA 34 - Principais pontos da proposta do programa padrão para o Brasil

Caráter	Voluntário
Duração	Temporário
Veículos a serem sucateados	1º estágio: pré-1989. 2º estágio pré-1992
Tipo de veículos novos	Veículos leves de passageiros <i>flex-fuel</i>
Abrangência	Regiões metropolitanas do Brasil prioritariamente
Incentivos por veículo	R\$2.300,00
Financiamento	Sim

Fonte: Elaboração própria

A seguir são apresentadas algumas recomendações necessárias para o programa:

- Os veículos devem ser encaminhados para centros de sucateamento para serem efetivamente sucateados/reciclados. Caso contrário existe o risco dos veículos que serão sucateados serem vendidos em outras áreas fora do escopo do Programa, voltando a circular ou de voltarem ou, até mesmo, de sofrerem adulteração no sentido de serem novamente objeto de inscrição no Programa. Os proprietários dos veículos a serem sucateados, no momento da entrega do veículo para baixa, recebem o certificado que dará direito ao incentivo econômico que será utilizado na aquisição do veículo novo.
- Centros de captação, sucateamento e reciclagem de veículos devem ser formados, dando um destino adequado às suas partes seja fazendo-as retornar ao ciclo econômico através de re-uso e reciclagem, seja tratando-as de forma ambientalmente segura, no caso dos dejetos⁸⁷.
- O registro dos veículos deve estar atualizado e correto, para evitar que veículos que não estejam mais sendo utilizados ou então veículos cujos proprietários já tenham recebido o incentivo participem do Programa. O registro é importante, também, para a verificação da localização dos veículos. Assim, evita-se que a região da implantação do Programa acabe “importando” veículos antigos poluidores de outras áreas para se beneficiarem do incentivo.
- Auditorias periódicas por órgão independente são fundamentais para averiguar todo o processo a fim de garantir os objetivos e a transparência do Programa.

⁸⁷ Na realidade, a estrutura necessária para sucateamento e reciclagem dos veículos é necessária independente da implantação de um programa de renovação acelerada da frota para assegurar o descarte seguro de peças dos veículos, além de aproveitar material através de reuso e reciclagem dos mesmos.

- Divulgação do Programa nos principais meios de comunicação para que proprietários de veículos elegíveis para participação do Programa sejam devidamente informados e orientados.

São estimadas a redução das emissões de poluentes decorrentes da implantação do programa proposto de renovação acelerada da frota, assim como de inspeção e manutenção veicular, apresentado no capítulo anterior. A metodologia dessas estimativas e posteriormente os resultados são apresentados nos próximos capítulos.

5. METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES

5.1. ASPECTOS GERAIS

A avaliação do impacto nas emissões da implantação do programa de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota foi realizada com base na construção de cinco cenários. Os cenários apresentam emissões estimadas de tubo de escapamento de CO, HC e NOx da frota de veículos leves de passageiros de motor ciclo Otto na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP e os programas analisados abrangem o período de 2003 a 2010.

Foi escolhida, como estudo de caso, a RMSP, em função de ser o maior centro urbano brasileiro, onde se concentra um nível significativo de emissões, e da maior disponibilidade de informações.

Os cenários construídos foram os seguintes:

- Cenário “Business as Usual - BAU” – representa a situação “*business as usual*”, incorporando a implantação do PROCONVE conforme estabelecido pela legislação em vigor. Representa a situação atual da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP projetada para 2010.
- Cenário “Sem PROCONVE” - 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 “Inspeção e Manutenção - I/M” – simula o impacto nas emissões da implantação de um programa de inspeção e manutenção de veículos.
- Cenário “Renovação Acelerada da Frota” – simula o impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota.

- Cenário “Inspeção e Renovação” – simula a implantação simultânea de um Programa de Renovação Acelerada da Frota e de um Programa de Inspeção e Manutenção veicular.

Para inventariar as 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 dos EUA (EPA).

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:

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

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 (gasolina, álcool, GNV);

F é o número de veículos ano-modelo i em circulação no ano t empregando combustível c ;

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 para o poluente p

FD é o fator de deterioração das emissões de um veículo ano-modelo i no ano t para o poluente p ⁸⁸

⁸⁸ O fator de deterioração certamente varia, também, em função do combustível utilizado. Entretanto, para efeito de modelagem, foram utilizados os dados de deterioração da EPA, que representam a deterioração

A seguir cada parâmetro da metodologia⁸⁹ é detalhado.

5.2. FROTA

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 relativos ao ano de 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.

EVOLUÇÃO DAS VENDAS

Dados anuais de vendas no mercado interno de veículos leves discriminados por tipo de combustível foram obtidos junto à ANFAVEA - entidade que congrega fabricantes de veículos automotores e máquinas agrícolas automotores (Carta ANFAVEA e Anuário Estatístico da ANFAVEA, ANFAVEA, 2003).

A princípio 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 pelo estudo preparado pelo Comitê Técnico da Matriz Energética (CT3), no

somente de veículos a gasolina (utilizados também, em diversos outros estudos dessa natureza no país, como, por exemplo, os inventários de emissões realizados pela CETESB).

⁸⁹ Essa metodologia foi utilizada, também, em La Rovere (2002) e Mendes (2004).

âmbito do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)⁹⁰. Assim, as previsões 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 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. 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 linear das vendas segundo os índices médios históricos.

Entretanto, a projeção tendencial do crescimento das vendas sequer consegue repor os veículos perdidos pelo sucateamento natural, sinalizando uma retração da frota no período 2003-2010 de, aproximadamente, 1,5%. Já a projeção “expansão” da evolução das vendas aponta para um pequeno crescimento da frota, de, aproximadamente, 3,5% em 8 anos (TABELA 35).

⁹⁰ MME (2001) *in* Horta, 2002

TABELA 35: Frota da RMSP – hipóteses “expansão” e “tendencial”

	2002	2010	Variação (%)
Expansão	4.902.576	5.072.875	3,5
Tendencial	4.902.576	4.826.738	-1,5

Fonte: elaboração própria

É sensato supor que a frota tenda a crescer um pouco, mas não muito, face à evidente saturação do trânsito na RMSP. Neste estudo, então, adotou-se a hipótese da projeção “expansão”, a qual permite um crescimento discreto da frota na RMSP a partir de 2002, descartando-se a hipótese “tendencial”.

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 Petrobrás⁹¹ e atualizada com base na Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios 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 com as seguintes características:

⁹¹ 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 País⁹².

PROJEÇÃO DA FROTA LOCAL

Para estimar a frota local ano a ano multiplicam-se as vendas locais estimadas de veículos de cada ano-modelo (assumidas como a 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 em 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 poderiam ser destinados ao 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 e 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 2003 -2010.

DISTRIBUIÇÃO POR COMBUSTÍVEL

Um problema semelhante ao da frota foi verificado 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 foi estimada com base no número de cilindros comercializados no Estado, expandindo-se linearmente nos anos seguintes. No caso dos veículos flex-fuel, supôs-se uma expansão anual de 5% com base nos dados mais atuais de venda desse tipo de veículo (dados de vendas do primeiro semestre de 2004).

A TABELA 36 apresenta a participação por combustível das vendas de automóveis até 2010.

⁹² Correia (1996)

TABELA 36: Participação percentual nas vendas de veículos leves no mercado interno por combustível e ano-modelo

ANO-MODELO	Gasolina	Álcool	GNV ⁴
pré-89	68,73%	31,22%	0,05%
1990	86,51%	13,44%	0,05%
1991	78,39%	21,55%	0,06%
1992	72,62%	27,32%	0,06%
1993	74,75%	25,19%	0,06%
1994	89,27%	10,66%	0,07%
1995	97,60%	2,33%	0,07%
1996	99,47%	0,45%	0,08%
1997	99,85%	0,07%	0,08%
1998	99,65%	0,10%	0,25%
1999	98,05%	1,01%	0,94%
2000	97,47%	0,82%	1,71%
2001	96,88%	1,16%	1,96%
2002	92,96%	3,99%	3,05%
2003	89,84%	6,66%	3,50%
2004	71,69%	24,31%	4,00%
2005	66,19%	29,31%	4,50%
2006	60,69%	34,31%	5,00%
2007	55,19%	39,31%	5,50%
2008	49,69%	44,31%	6,00%
2009	44,19%	49,31%	6,50%
2010	38,69%	54,31%	7,00%

Fonte: Elaboração própria

(1) As vendas de automóveis a álcool do ano de 2003 incluem 54,20% de automóveis flex-fuel, segundo dados da ANFAVEA (2004).

(2) Em 2004 considerou-se os dados da ANFAVEA de vendas de automóveis a álcool e flex-fuel do primeiro semestre. Da participação nas vendas totais de veículos a álcool (24%), 86,17% representam veículos flex-fuel.

(3) A partir de 2005, supôs-se que as vendas dos veículos movidos a álcool hidratado será todos bi-combustíveis flex fuel aumentando as vendas anualmente em 5%.

(4) Somente conversões, baseadas nas vendas de cilindros (IBP in Gasnet, 2004).

5.3. 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 37 apresenta a quilometragem média anual.

TABELA 37: Distribuição da quilometragem média percorrida por faixa etária do veículo

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

com o percurso de 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 oferecem⁹³.

⁹³ Por outro lado, uma parcela dos veículos mais novos são o segundo ou terceiro veículo da mesma família, os quais possivelmente percorrem menos quilômetros anuais do que se fosse o único veículo da família. Entretanto, devido à escassez de estudos estatísticos desse tipo no país e com base no fato de grande parte dos inventários de emissões e estudos dessa natureza utilizarem os valores do estudo da CETESB, os mesmos foram, então, utilizados neste estudo.

5.4. FATORES DE EMISSÃO

Os fatores médios de emissão da frota para cada ano-modelo e combustível adotados neste estudo são os mesmos empregados pela CETESB no seu inventário de emissões veiculares. Os fatores de emissão da CETESB estão apresentados na TABELA 38.

TABELA 38: Fatores de emissão médios para veículos leves novos

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:

São 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

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-75⁹⁴.

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 15/86⁹⁵) pelas suas vendas no mercado interno.

Para os veículos produzidos nos anos após 2002 são estimados fatores de emissão médios da frota com base nos limites máximos de emissão permitidos pelo PROCONVE e nos fatores de deterioração. Esse procedimento pode levar a estimativas conservadoras, pois a indústria historicamente mantém fatores de emissão médios bastante menores do que os limites impostos pelo PROCONVE, mesmo levando em conta uma deterioração elevada das emissões.

No caso dos fatores de emissão de veículos movidos a GNV para veículos pré-97, na falta de outros dados medidos para a frota nas condições nacionais, foram utilizados os valores de um estudo organizado pela “International Association for Natural Gas Vehicles”, classificados no estudo como sendo da “Categoria 1”, por se tratarem de fatores gerados em testes de automóveis sem sistemas avançados de controle de emissão (IANGV, 2000).

Para veículos ano-modelo pós 97 foram utilizados os valores de um estudo realizado recentemente pela CETESB em veículos PROCONVE III que avaliou 21 configurações de veículos movidos a gasolina convertidos para GNV (CETESB, 2003).

⁹⁴ Esse ciclo padrão foi apresentado no Capítulo 2.

Com relação aos fatores de emissão dos automóveis novos flex-fuel, até o momento não estão disponíveis dados sobre os fatores de emissão medidos para esses veículos por ocasião de sua homologação. Supõe-se que os fatores de emissão desses veículos quando movidos a álcool não são essencialmente diferentes das emissões dos carros novos movidos exclusivamente a álcool. O mesmo acontece quando os veículos flex-fuel utilizam gasolina, ou seja, as emissões são semelhantes às dos automóveis que utilizam exclusivamente gasolina (gasool)⁹⁶.

Dessa forma, pode-se tratar indistintamente os carros movidos exclusivamente a álcool e os flex-fuel quando queimam álcool e os carros movidos exclusivamente a gasolina e os flex-fuel quando utilizam este último combustível. 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 álcool hidratado no momento da mudança do combustível⁹⁷.

A TABELA 39 apresenta os fatores de emissão para os três poluentes analisados (g/km).

⁹⁵ 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.

⁹⁶ Essa suposição foi baseada em informações do IBAMA/PROCONVE, através de comunicação pessoal, considerando os testes já realizados nos veículos flex-fuel.

⁹⁷ A decisão atual e futura do proprietário de qual combustível utilizar depende de uma série de fatores, como: produção e disponibilidade do álcool combustível, o qual depende do mercado internacional de açúcar, preço, etc.

TABELA 39: Fatores de emissão dos três poluentes analisados

CO				HC				NOx			
ANO-MODELO	Gasolina	Álcool	GNV	ANO-MODELO	Gasolina	Álcool	GNV	ANO-MODELO	Gasolina	Álcool	GNV
pré-89	31,824	16,176	2,500	pré-89	2,900	1,613	0,700	pré-89	1,335	1,314	0,900
1990	13,300	10,800	2,500	1990	1,400	1,300	0,700	1990	1,400	1,200	0,900
1991	11,500	8,400	2,500	1991	1,300	1,100	0,700	1991	1,300	1,000	0,900
1992	6,200	3,600	2,500	1992	0,600	0,600	0,700	1992	0,600	0,500	0,900
1993	6,300	4,200	2,500	1993	0,600	0,700	0,700	1993	0,800	0,600	0,900
1994	6,000	4,600	2,500	1994	0,600	0,700	0,700	1994	0,700	0,700	0,900
1995	4,700	4,600	2,500	1995	0,600	0,700	0,700	1995	0,600	0,700	0,900
1996	3,800	3,900	2,500	1996	0,400	0,600	0,700	1996	0,500	0,700	0,900
1997	1,200	0,900	0,800	1997	0,200	0,300	0,440	1997	0,300	0,300	0,900
1998	0,790	0,670	0,800	1998	0,140	0,190	0,440	1998	0,230	0,240	0,900
1999	0,740	0,600	0,800	1999	0,140	0,170	0,440	1999	0,230	0,220	0,900
2000	0,730	0,630	0,800	2000	0,130	0,180	0,440	2000	0,210	0,210	0,900
2001	0,480	0,660	0,800	2001	0,110	0,150	0,440	2001	0,140	0,080	0,900
2002	0,480	0,660	0,800	2002	0,110	0,150	0,440	2002	0,140	0,080	0,900
2003	0,480	0,660	0,460	2003	0,110	0,150	0,102	2003	0,140	0,080	0,319
2004	0,480	0,660	0,460	2004	0,110	0,150	0,102	2004	0,140	0,080	0,319
2005	0,472	0,580	0,460	2005	0,088	0,112	0,083	2005	0,114	0,078	0,221
2006	0,466	0,520	0,460	2006	0,071	0,083	0,069	2006	0,095	0,077	0,148
2007	0,459	0,459	0,459	2007	0,054	0,054	0,054	2007	0,075	0,075	0,075
2008	0,459	0,459	0,459	2008	0,054	0,054	0,054	2008	0,075	0,075	0,075
2009	0,459	0,459	0,459	2009	0,017	0,017	0,017	2009	0,036	0,036	0,036
2010	0,459	0,459	0,459	2010	0,017	0,017	0,017	2010	0,036	0,036	0,036

Fonte: Elaboração própria

5.5. 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 metodologia da AP-42 da EPA Norte-Americana⁹⁸, na qual a CETESB também se baseia para a realização de seus inventários de emissão⁹⁹. Foram, então, utilizados fatores de deterioração baseados no AP-42 da EPA Norte-Americana para veículos de geração semelhante aos em uso no país¹⁰⁰.

Na realidade, os fatores de deterioração dos veículos em uso possivelmente são bastante maiores do que os fatores estimados em testes. Corvalán e Vargas (2003) realizaram um estudo em Santiago no Chile e concluíram que os fatores de deterioração propostos pela EPA (AP-42) e pela União Européia - UE (COPERT) são substancialmente inferiores aos verificados em uma amostra de mais de 2000 veículos da frota em circulação na cidade.

Neste estudo, então, serão aplicados, aos fatores de deterioração para veículos de geração similar às fases correspondentes ao PROCONVE, ajustes apresentados no AP-42 para deterioração dos sistemas de controle de emissões, de modo a fazer os resultados do inventário mais realistas¹⁰¹.

Esses fatores de deterioração ajustados se baseiam numa ampla pesquisa empírica realizada pela EPA nas principais cidades norte americanas nas décadas de 80 e 90

⁹⁸ AP-42: Compilation of air Pollutant Emission Factors – Mobil Sources – EPA (2000).

⁹⁹ Na realidade, a metodologia dos inventários de emissão de poluentes veiculares da CETESB é baseada no trabalho “Mobile Source Emission Factors, 1981, EPA/USA”.

¹⁰⁰ Ver também Mendes (2004).

¹⁰¹ O mau funcionamento do sistema de controle de emissões, segundo a EPA, considera tanto o mau funcionamento decorrente do aumento da idade do veículo e de sinistros, assim como o mau funcionamento ocasionado propositadamente pelo usuário do veículo e considera a deterioração de um ou mais dispositivos do sistema. O sistema de controle de emissões inclui: bomba de ar (supre ar fresco para o conversor catalítico para reduzir as emissões antes da saída pelo cano-de-descarga), catalisador (converte, através de reações químicas, os principais poluentes do gás de escape em gases menos nocivos – CO, HC e NOx em H₂O, CO₂ e N₂ utilizando metais ativos), sistema EGR (“exhaust gas recirculation” – reduz as emissões de NOx através da reintrodução de parte dos gases no sistema de

gerando o impacto na deterioração das emissões do mau funcionamento dos sistemas de controle de emissões, considerando as gerações de automóveis por ano-modelo, assim como taxas de ocorrência, resultando nos parâmetros para o cálculo dos fatores de deterioração, por poluente, apresentados nas Tabelas 40, 41 e 42.

As fórmulas para o cálculo dos fatores de deterioração são:

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

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

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

ZML= "Zero mile level" – emissão zero quilômetros

DR1= Taxa de deterioração para km acumulada = aproximadamente 80.000 km

DR2= Taxa de deterioração para km acumulada > aproximadamente 80.000 km

Os parâmetros são os seguintes:

combustão, servindo para diluição da mistura ar-combustível, reduzindo a temperatura do sistema e, assim, reduzindo as emissões de NOx), entre outros.

TABELA 40: 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	56,353	2,595	2,622
1990-1991	PROCONVE I	19,358	3,563	3,858
1992-1996	PROCONVE II	6,911	3,082	3,475
1997 em diante	PROCONVE III e posteriores	2,338	1,607	3,821

Fonte: Adaptado de EPA

TABELA 41: 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	0,252	0,253
1990-1991	PROCONVE I	3,382	0,168	0,173
1992-1996	PROCONVE II	1,236	0,418	0,452
1997 em diante	PROCONVE II e posteriores	0,213	0,087	0,323

Fonte: Adaptado de EPA

TABELA 42: Parâmetros para cálculo dos FDs - NOx

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	2,535	0,120	0,066
1992-1996	PROCONVE II	1,624	0,194	0,133
1997-1999	PROCONVE III	0,549	0,101	0,222
1999 em diante	PROCONVE IV e posteriores	0,214	0,101	0,232

Fonte: Adaptado de EPA

5.6. CENÁRIO 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. Para isso é necessário 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 poderia estimular as montadoras nacionais a modernizar os seus produtos.

Assim, para a elaboração deste cenário, supôs-se que 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. Neste Cenário, então, admite-se que os veículos não estariam equipados com conversores catalíticos, sistemas de controle das emissões evaporativas, EGR's (*Exhaust Gás Recirculation*) e outros componentes de ação exclusiva de controle das emissões.

Por outro lado, considerando-se os rápidos avanços e redução de custos verificados nos sistemas de injeção eletrônica de combustível e ignição eletrônica, pode-se admitir que esta seria a opção tecnológica predominante atualmente caso o PROCONVE não tivesse sido implantado.

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, é aceitável admitir que os fatores de emissão médios de gases de escapamento para os veículos novos evoluiriam 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 43 ilustra a evolução dos fatores de emissão deste Cenário.

TABELA 43 – Fatores de emissão para veículos leves novos - Cenário Sem PROCONVE (g/km)

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

Fonte: Elaboração Própria

5.7. CENÁRIO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR

Supõe-se a implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular na RMSP a partir de 2003. Conforme a proposta apresentada no Capítulo 3, todos os veículos leves registrados na área de atuação do Programa serão inspecionados anualmente e, caso sejam reprovados na inspeção, terão que realizar o reparo necessário e fazer nova inspeção.

Para a modelagem da implantação do Programa, não há informação disponível da redução da deterioração das emissões devido à implantação de programas básicos e avançados de inspeção e manutenção veicular¹⁰². Devido a esta restrição, considerou-se, para efeitos de modelagem, ajustes nos fatores de deterioração das emissões supondo a realização de reparos veiculares que objetivam corrigir problemas nos sistemas de controle de emissões, a serem detectados em programas de inspeção e manutenção veicular, conforme detalhado a seguir.

Diversos fatores alteram as emissões provenientes de veículos em uso, desde uma simples regulagem do motor do veículo até a adoção de sofisticados sistemas de controle de emissões. Entretanto, não existem dados sobre cada fator do veículo que influencia as emissões, discriminados por tecnologia, por ano-modelo, que tenham aplicabilidade no modelo de inventário de emissões. Por outro lado, conforme apresentado anteriormente, sistemas de controle de emissões, tão mais sofisticados quanto mais novo o ano-modelo do veículo, são responsáveis por reduções importantes dos fatores de emissão dos veículos¹⁰³.

Supõe-se, então, a implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular que corrija o problema do aumento das emissões oriundas do mau funcionamento dos

¹⁰² Resultados das avaliações de programas de I/M existentes se tratam de análises de programas locais específicos.

¹⁰³ Conforme a Tabela 40, que apresenta os fatores de emissão por ano-modelo.

sistemas de controle das emissões¹⁰⁴. Trata-se de uma suposição conservadora, já que existem outros fatores que influenciam as emissões além dos sistemas de controle. Esses fatores têm uma influência maior nos veículos mais antigos (os quais não possuem avançados sistemas de controle de emissões), podendo uma simples regulação do motor resultar em reduções importantes de emissões. Por outro lado, evitar a deterioração dos sistemas de controle de emissão implica em atingir resultados importantes, principalmente no caso dos veículos ano-modelo mais recentes. Foram utilizados, então fatores de deterioração estimados com base em EPA (2000), para veículos de geração similar às fases correspondentes do PROCONVE, ajustados para a correção da deterioração dos sistemas de controle de emissão.

Ressalte-se que os ajustes nos fatores de deterioração das emissões foram estimados com base em taxas representando padrões de deterioração dos sistemas de controle de emissão de cidades norte-americanas. Provavelmente em países como o Brasil, a frequência de manutenção dos veículos é menor, além da existência de outros fatores como má qualidade das vias e dos combustíveis (principalmente adulteração), podendo resultar em deterioração ainda maior dos sistemas¹⁰⁵.

As Tabelas 44, 45 e 46 apresentam os parâmetros para o cálculo dos fatores de deterioração considerando a implantação do programa de inspeção e manutenção veicular. Esses parâmetros representam taxas de deterioração menores do que no Cenário *Business as Usual*.

¹⁰⁴ Considera-se a redução das emissões de CO, HC e NOx estimadas em testes com os veículos com simulação de carga, em dinamômetro, para detectar falhas nos sistemas de controle de emissões e estimar NOx.

¹⁰⁵ Este fato contribui para o conservadorismo dos resultados.

TABELA 44: 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 45: 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 46: Parâmetros para cálculo dos FDs - NOx

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

5.8. CENÁRIO PROGRAMA DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

Supõe-se a implantação do programa de renovação acelerada da frota a partir de 2003 na Região Metropolitana de São Paulo, sendo sucateados anualmente sempre os veículos mais antigos da frota, com base na proposta anteriormente elaborada: no primeiro estágio seriam substituídos os veículos ano-modelo pré-1989 e no segundo estágio pré-1992. A proposta considera somente a entrada de veículos novos *flex-fuel* em substituição aos veículos antigos a serem sucateados.

Diante da ausência de outros estudos, foram utilizados, para efeito de modelagem da implantação do Programa, resultados do estudo da ANFAVEA (2000), o qual considera que a quantidade de veículos leves usados, a serem abrangidos pelo Programa, para efeito de aquisição de um veículo novo, é de 142.000 veículos por ano¹⁰⁶. Não se discute o mérito da proposta da ANFAVEA, que é controverso, sendo a mesma utilizada apenas para fins ilustrativos. Caso se chegue a uma proposta consensual entre as montadoras de veículos e os órgãos governamentais, os resultados poderão ser diferentes no que diz respeito à quantidade de veículos anuais a serem abrangidos pelo Programa.

¹⁰⁶O estudo da ANFAVEA (2000), considerou a elasticidade-preço da demanda por automóveis e a capacidade ociosa da indústria (detalhes foram apresentados no Capítulo 4), estimando a quantidade anual de veículos leves a ser substituída dentro de um programa de renovação acelerada da frota. O estudo da ANFAVEA resultou em duas estimativas de renovação. Como o estudo foi elaborado para o Brasil, considerou-se para a modelagem deste cenário, a quantidade mais conservadora, de 142.000 veículos, que representa, em 2003, aproximadamente 7,5% dos veículos que poderiam se candidatar ao Programa na RMSP. Para comparação com os outros cenários distribuiu-se o valor da quantidade de 142.000 veículos anuais até 2010. Essa quantidade pode ser considerada otimista, mas pode ser justificada pela consideração, em complementação às hipóteses adotadas no estudo da ANFAVEA, da possibilidade de criação de linhas específicas de financiamento associadas ao programa, com condições financeiras especiais. O financiamento, também poderia alterar o resultado do estudo, seja pelo incremento ainda maior da projeção de veículos a serem substituídos, seja pela redução do valor do incentivo para redução do preço do carro novo, ou por um *mix* desses efeitos.

As estimativas foram realizadas a partir da substituição da frota a ser sucateada pela frota nova (veículos *flex-fuel*) nas projeções da frota até 2010, com as devidas mudanças nos fatores de emissão por ano-modelo do veículo¹⁰⁷.

¹⁰⁷Ponderou-se, para aplicação dos diferentes fatores de emissão, a frota antiga a ser sucateada seguindo a mesma proporção da participação da frota de veículos a álcool e a gasolina.

5.9. CENÁRIO IMPLANTAÇÃO CONJUNTA DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO E DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

Para a análise da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular com o programa de renovação acelerada da frota foram utilizados concomitantemente os ajustes nos fatores de deterioração considerando uma correção da deterioração dos equipamentos de controle das emissões veiculares em conjunto com a substituição anual de 142.000 veículos mais antigos por veículos novos *flex-fuel*, conforme apresentado nas seções anteriores.

6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. CENÁRIO SEM PROCONVE

As Tabelas 47, 48 e 49 apresentam os resultados das estimativas de emissão de cada poluente analisado comparando as emissões dos poluentes considerando a implantação do PROCONVE (situação atual projetada até 2010 – *Business as Usual* - *BAU*) com uma estimativa de como seriam as emissões caso o PROCONVE não tivesse sido implantado.

TABELA 47: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton CO)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE
2003	1.166.893	2.354.800	50,45%
2004	1.096.111	2.290.568	52,15%
2005	1.027.609	2.205.361	53,40%
2006	965.370	2.126.473	54,60%
2007	907.163	2.045.604	55,65%
2008	859.847	1.988.424	56,76%
2009	817.743	1.948.322	58,03%
2010	777.463	1.912.070	59,34%

Fonte: elaboração própria

TABELA 48: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton HC)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE
2003	115.764	203.651	43,16%
2004	110.233	197.391	44,15%
2005	104.573	190.531	45,12%
2006	99.997	184.612	45,83%
2007	94.611	178.688	47,05%
2008	90.592	174.881	48,20%
2009	86.750	172.677	49,76%
2010	82.926	171.015	51,51%

Fonte: elaboração própria

TABELA 49: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE (ton NOx)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE
2003	56.081	71.384	21,44%
2004	54.575	69.844	21,86%
2005	53.829	68.162	21,03%
2006	54.058	66.995	19,31%
2007	54.217	65.811	17,62%
2008	55.399	65.342	15,22%
2009	55.979	65.461	14,49%
2010	55.868	65.749	15,03%

Fonte: elaboração própria

Pode-se observar que o PROCONVE atingiu seus objetivos em termos de redução das emissões veiculares de veículos novos, sendo capaz de sustentar uma gradual redução das emissões de poluentes, sendo fundamental para o controle da poluição atmosférica nos grandes centros urbanos do país. Se o PROCONVE não tivesse sido implantado, as emissões de CO seriam 50 a 59% mais altas, considerando o período 2003 a 2010. As emissões de HC seriam 43 a 52% mais altas com a não implantação do PROCONVE e a de NOx de 21% a 15%.

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.

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam, também, os resultados.

FIGURA 12: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE – CO (ton/ano)

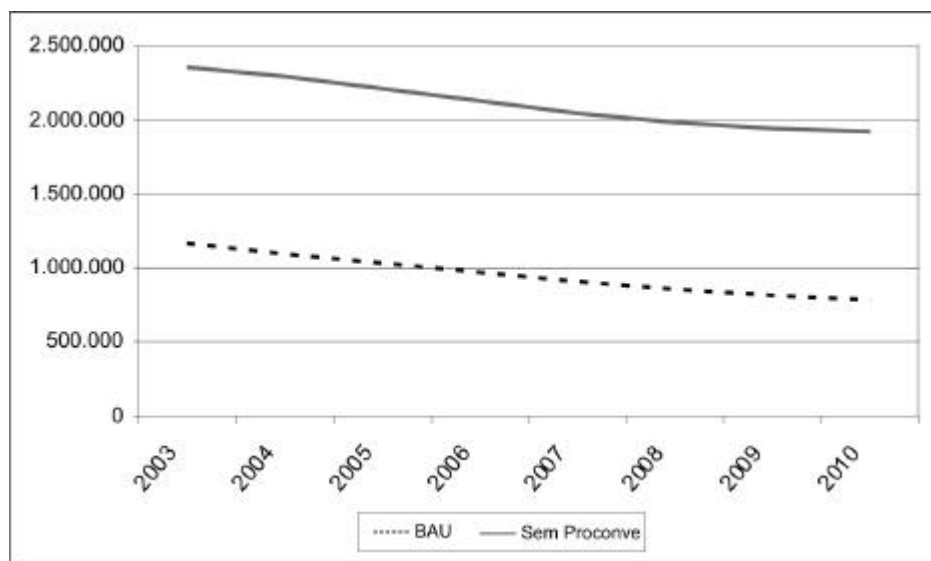


FIGURA 13: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE – HC (ton/ano)

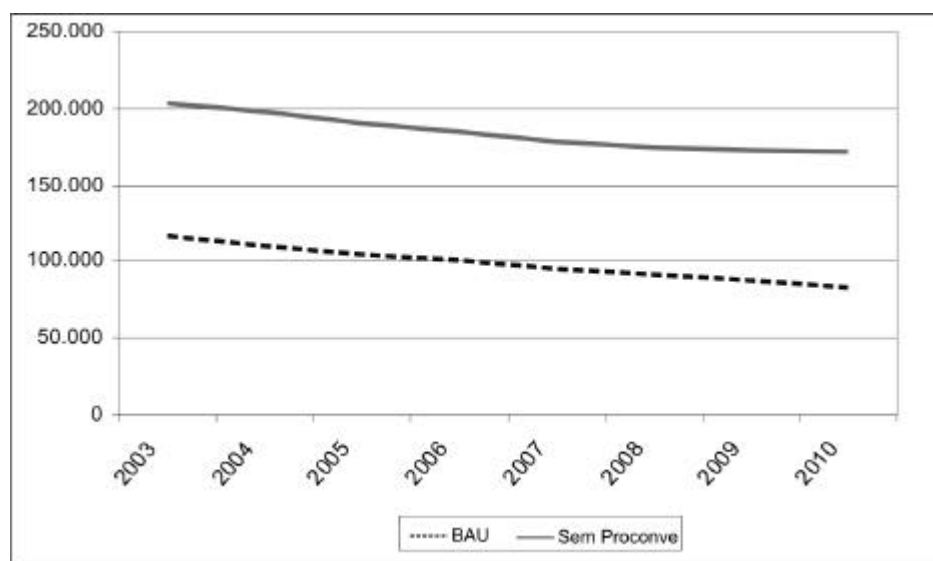
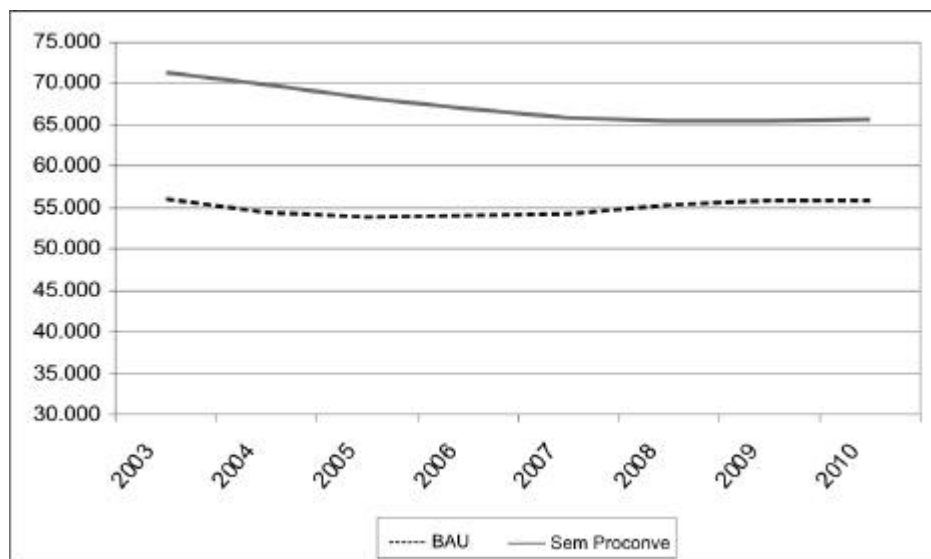


FIGURA 14: Impacto nas emissões da implantação do PROCONVE - NOx (ton/ano)



Programas complementares ao PROCONVE, porém, são importantes para a garantia dos seus benefícios. Conforme apresentado anteriormente, o PROCONVE atua somente sobre os veículos novos e os mesmos, ao longo do tempo de uso, sofrem deterioração, resultando no aumento das emissões, sendo necessária a implantação de programas de inspeção e manutenção que possibilitem que os veículos em uso mantenham ao longo de sua vida útil fatores de emissão os mais próximos possíveis de quando eram novos, mantendo os benefícios do PROCONVE. Além disso, a renovação antecipada de veículos pré-PROCONVE poderia, também, contribuir bastante para a redução das emissões. As seções a seguir apresentarão resultados em termos de redução das emissões veiculares da implantação do Programa de Inspeção e Manutenção Veicular e de Renovação Acelerada da Frota.

6.2. CENÁRIO INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

As Tabelas 50, 51 e 52 apresentam os resultados das estimativas de emissão de cada poluente analisado considerando a implantação do programa de inspeção e manutenção veicular em comparação com o cenário “Business as Usual”.

TABELA 50: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton CO)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM IM	REDUÇÃO IM
2003	1.166.893	2.354.800	50,45%	1.051.568	9,88%
2004	1.096.111	2.290.568	52,15%	985.197	10,12%
2005	1.027.609	2.205.361	53,40%	923.158	10,16%
2006	965.370	2.126.473	54,60%	867.625	10,13%
2007	907.163	2.045.604	55,65%	811.772	10,52%
2008	859.847	1.988.424	56,76%	767.349	10,76%
2009	817.743	1.948.322	58,03%	728.657	10,89%
2010	777.463	1.912.070	59,34%	692.244	10,96%

Fonte: elaboração própria

TABELA 51: Impacto nas emissões da implantação de um programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton HC)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM IM	REDUÇÃO IM
2003	115.764	203.651	43,16%	108.986	5,86%
2004	110.233	197.391	44,15%	103.636	5,98%
2005	104.573	190.531	45,12%	98.377	5,92%
2006	99.997	184.612	45,83%	94.123	5,87%
2007	94.611	178.688	47,05%	88.838	6,10%
2008	90.592	174.881	48,20%	84.938	6,24%
2009	86.750	172.677	49,76%	81.252	6,34%
2010	82.926	171.015	51,51%	77.619	6,40%

Fonte: elaboração própria

TABELA 52: Impacto nas emissões da implantação de um programa inspeção e manutenção em comparação com o cenário BAU (ton NOx)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM IM	REDUÇÃO IM
2003	56.081	71.384	21,44%	52.678	6,07%
2004	54.575	69.844	21,86%	51.416	5,79%
2005	53.829	68.162	21,03%	50.446	6,28%
2006	54.058	66.995	19,31%	49.982	7,54%
2007	54.217	65.811	17,62%	48.850	9,90%
2008	55.399	65.342	15,22%	48.573	12,32%
2009	55.979	65.461	14,49%	48.219	13,86%
2010	55.868	65.749	15,03%	47.024	15,83%

Fonte: elaboração própria

Nota-se reduções importantes das emissões com a implantação do programa de I/M, em comparação com o cenário “Business as Usual”, sendo essas reduções mais significativas para NOx e menos para HC. Os resultados podem ser verificados já nos primeiros anos de vigência do programa.

Uma implantação do programa de I/M reduziria as emissões de CO em, aproximadamente, 10% em 2003 até 11% em 2010 e as emissões de HC se reduziriam em média 6%. Pode-se afirmar que esses resultados são conservadores, já que consideraram apenas a deterioração dos sistemas de controle de emissões nas estimativas. Reduções de emissões mais elevadas podem ser esperadas com a implantação de um programa como esse, conforme detalhado no Capítulo 3, onde são apresentados resultados de programas existentes de I/M a nível internacional. Estudos utilizando dados medidos de programas apresentaram reduções de, em média, 11 a 39% de CO e 7 a 34% de HC.

No caso das emissões de NOx, as mesmas sofreriam uma redução de, aproximadamente, 6% em 2003 variando até 16% em 2010. Este último poluente sofreria as reduções mais significativas dentre os poluentes analisados. Possivelmente este fato ocorre devido a uma maior taxa de deterioração dos sistemas de controle para NOx, sistemas mais complexos do que para os dois primeiros poluentes.

As Figuras 15, 16 e 17 apresentam, também, esses resultados.

FIGURA 15: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção - CO (ton/ano)

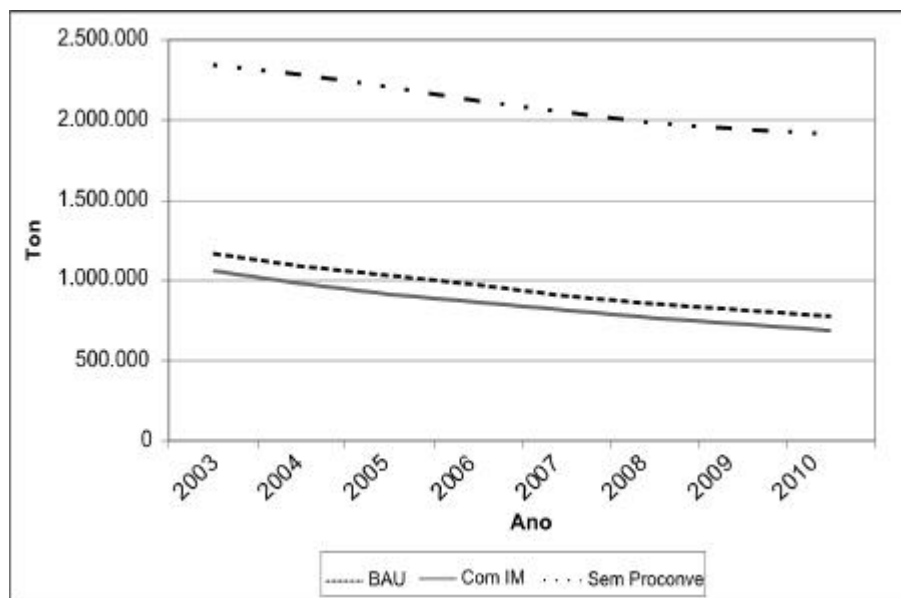


FIGURA 16: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção – HC (ton/ano)

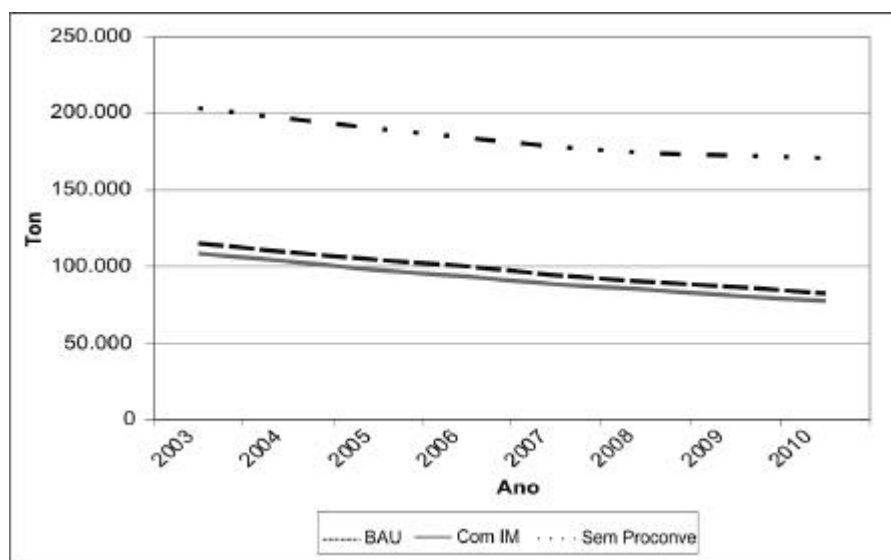
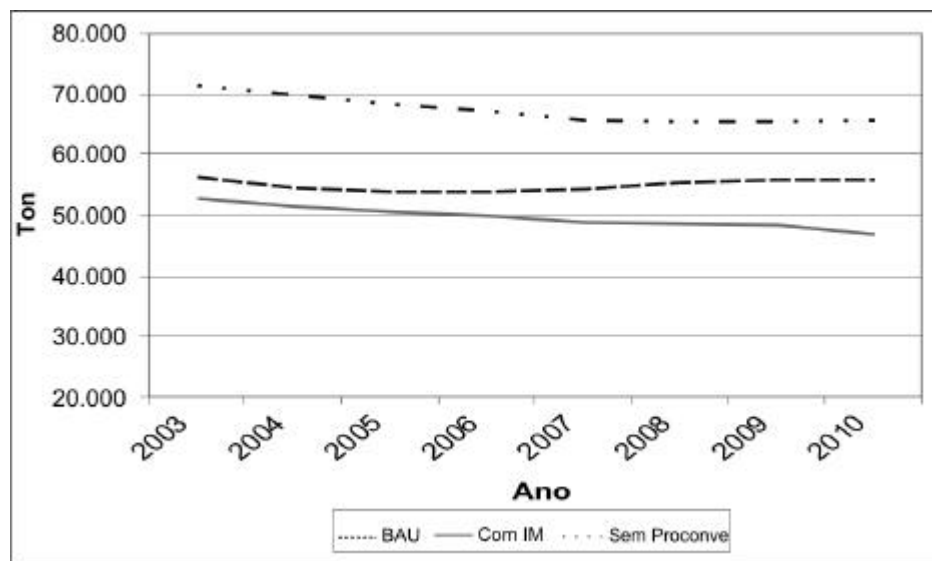


FIGURA 17: Impacto nas emissões da implantação do programa inspeção e manutenção – NOx (ton/ano)



A TABELA 53 apresenta a o percentual de redução das emissões por ano-modelo dos automóveis no caso da implantação do programa de inspeção e manutenção, considerando os três poluentes analisados.

TABELA 53: Redução relativa das emissões por ano-modelo com a implantação de IM - 2010

	Frota	CO	HC	NOx
1989 e pré	14,24%	3,53%	2,90%	0,00%
1990-1991	2,08%	12,22%	1,31%	3,81%
1992-1996	13,37%	79,88%	81,92%	16,69%
1997 e pós	70,31%	4,37%	13,86%	79,50%

Fonte: elaboração própria

É importante ressaltar alguns resultados. Os veículos ano-modelo mais recentes, a partir de 1992, são aqueles que obtiveram os resultados mais importantes em termos de redução das emissões. Isto porque a deterioração de suas emissões, devido à tecnologia mais sofisticada e aos sistemas de controle de emissões, é maior do que no caso dos veículos mais antigos.

Os resultados de CO e de HC foram mais significativos para os veículos ano-modelo entre 1992 e 1996, pois já possuem sistemas de controle de emissões e já percorreram muitos quilômetros ao longo do período analisado, deteriorando seus sistemas de controle.

No caso do NOx, os resultados são muito mais importantes para os veículos ano-modelo mais recentes, a partir de 1997, nos quais os sistemas de controle são mais complexos, com catalisadores de três vias, que danificados, podem aumentar bastante as emissões.

Os fatores de emissão dos veículos mais antigos são muito mais elevados do que dos veículos novos, é fato conhecido que emitem mais. Entretanto os veículos novos possuem uma deterioração muito mais acentuada devido à complexidade de sua tecnologia. Esses últimos só emitem muito menos devido à incorporação de diversas tecnologias sofisticadas, apresentadas anteriormente, mas caso essas tecnologias venham a funcionar precariamente, as emissões aumentariam substancialmente. Para esses veículos, programas avançados de inspeção e manutenção exerceriam um impacto maior.

6.3. CENÁRIO RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

A implantação do programa de renovação acelerada da frota pode gerar reduções importantes de emissão, já que a parcela mais antiga da frota é responsável por grande parte das emissões. A TABELA 54 apresenta a projeção da participação por ano-modelo da frota dos veículos na RMSP em 2010 e as respectivas participações no total das emissões considerando o Cenário “*Business as Usual*”. Nota-se que os veículos mais antigos (ano-modelo pré-1989) têm participação importante nas emissões de CO e HC. A frota ano-modelo pré 1989 representará em 2010 apenas 14% do total da frota, mas será responsável por 36% das emissões de CO e 35% das emissões de HC. No caso do NOx a participação desses veículos é menor, 16% das emissões, devido à maior deterioração de suas emissões para veículos mais novos, conforme resultados apresentados anteriormente na Seção 6.2, representando 64% das emissões dos veículos ano-modelo pós 1997. A deterioração dos sistemas de controle de NOx provoca grandes emissões deste poluente uma vez que estes sistemas, quando operam adequadamente, removem o NOx com eficiência.

TABELA 54: Participação na frota e nas emissões por ano modelo em 2010

ANO-MODELO	FROTA	CO	HC	NOx
1989 e pré	14,24%	36,18%	35,32%	16,24%
1990-1991	2,08%	6,21%	2,87%	3,54%
1992-1996	13,37%	30,37%	24,66%	16,14%
1997 em diante	70,31%	27,24%	37,15%	64,07%

Fonte: Elaboração própria

As Tabelas 55, 56 e 57 apresentam os resultados das estimativas de emissão de cada poluente considerando a implantação do programa de renovação acelerada da frota

em comparação com o cenário “*Business as Usual*”. Observa-se uma redução bastante significativa das emissões com a substituição de veículos antigos por veículos novos. O poluente com menor redução é o NOx devido à alta deterioração das emissões deste poluente nos veículos mais novos, que ocorre quando os sistemas de controle estão funcionando inadequadamente, necessitando de manutenção para funcionarem com eficiência.

TABELA 55: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton CO)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM RENOVAÇÃO	REDUÇÃO RENOVAÇÃO
2003	1.166.893	2.354.800	50,45%	1.095.869	6,09%
2004	1.096.111	2.290.568	52,15%	953.467	13,01%
2005	1.027.609	2.205.361	53,40%	812.593	20,92%
2006	965.370	2.126.473	54,60%	680.000	29,56%
2007	907.163	2.045.604	55,65%	595.139	34,40%
2008	859.847	1.988.424	56,76%	524.323	39,02%
2009	817.743	1.948.322	58,03%	466.155	42,99%
2010	777.463	1.912.070	59,34%	418.678	46,15%

Fonte: elaboração própria

TABELA 56: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton HC)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM RENOVAÇÃO	REDUÇÃO RENOVAÇÃO
2003	115.764	203.651	43,16%	108.811	6,01%
2004	110.233	197.391	44,15%	96.272	12,66%
2005	104.573	190.531	45,12%	83.482	20,17%
2006	99.997	184.612	45,83%	73.029	26,97%
2007	94.611	178.688	47,05%	67.281	28,89%
2008	90.592	174.881	48,20%	62.348	31,18%
2009	86.750	172.677	49,76%	57.485	33,74%
2010	82.926	171.015	51,51%	52.962	36,13%

Fonte: elaboração própria

TABELA 57: Impacto nas emissões da implantação de um programa de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton NOx)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	COM RENOVAÇÃO	REDUÇÃO RENOVAÇÃO
2003	56.081	71.384	21,44%	54.534	2,76%
2004	54.575	69.844	21,86%	51.555	5,53%
2005	53.829	68.162	21,03%	49.476	8,09%
2006	54.058	66.995	19,31%	48.190	10,86%
2007	54.217	65.811	17,62%	47.624	12,16%
2008	55.399	65.342	15,22%	48.411	12,62%
2009	55.979	65.461	14,49%	48.876	12,69%
2010	55.868	65.749	15,03%	48.999	12,30%

Fonte: elaboração própria

Nos primeiros anos de vigência do Programa, as reduções não seriam muito substanciais, mas com a evolução do Programa e a substituição progressiva dos veículos antigos por novos as reduções de emissões aumentariam.

O CO é o poluente mais sensível à idade da frota, por isso apresenta os melhores resultados em termos de redução de emissões. Nos três primeiros anos, as reduções deste poluente, por exemplo, seriam de, aproximadamente, 6 a 21% e saltariam para 39 a 46% nos três últimos anos analisados (2008-2010).

As emissões de HC se reduziriam, no primeiro ano de vigência do programa, 6% mas essas reduções aumentariam gradativamente até 36% em 2010. As emissões de NOx se reduziriam 3% em 2003 variando até 12% em 2010.

As Figuras 18, 19 e 20 apresentam, também, esses resultados.

FIGURA 18: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota – CO (ton/ano)

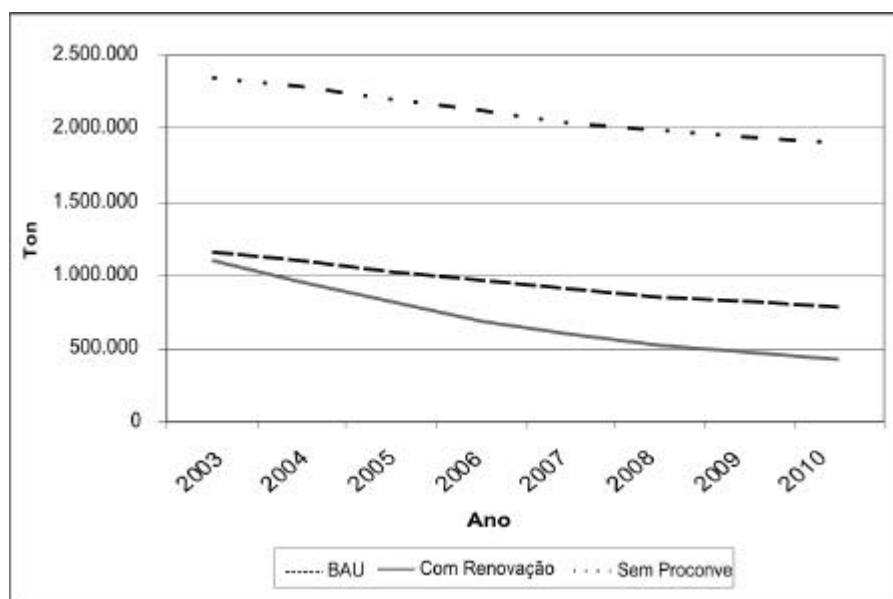


FIGURA 19: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota - HC (ton/ano)

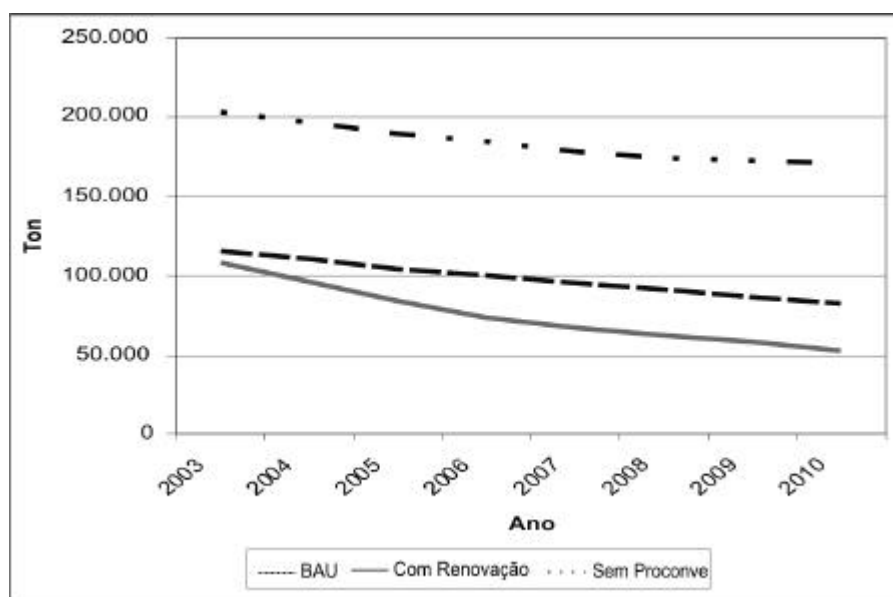
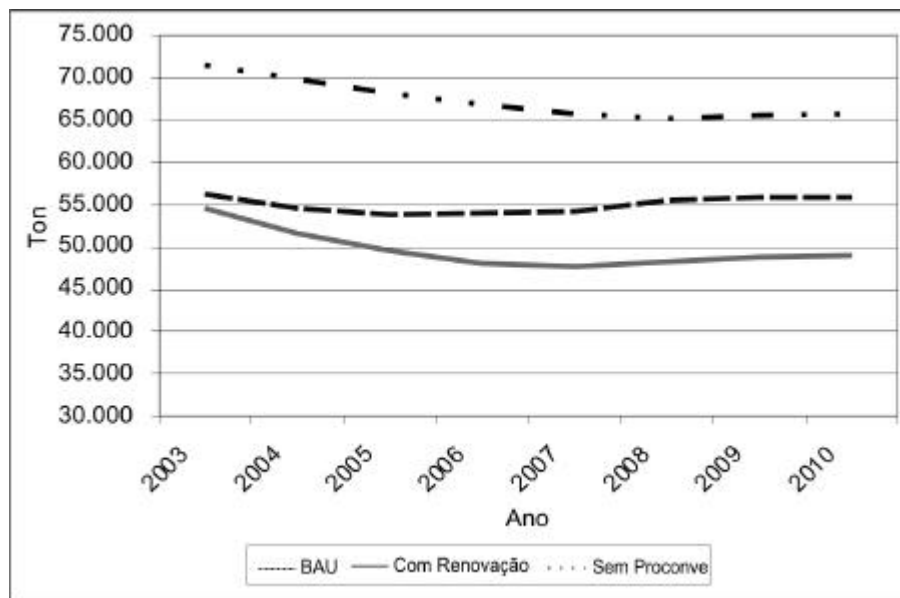


FIGURA 20: Impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota - NOx (ton/ano)



A implantação do programa de renovação acelerada da frota, entretanto, em um país como o Brasil pode ser complexo, já que os proprietários de veículos mais antigos têm, em geral, menor poder aquisitivo. Mesmo que alguns proprietários consigam substituir seus veículos antigos por novos, podem não realizar a manutenção necessária para manter as emissões dos veículos novos ao longo do tempo de uso. Por isso é importante que, caso seja implantado o programa de renovação acelerada da frota, seja em conjunto com o programa de inspeção e manutenção veicular, conforme resultados apresentados na Seção 6.4, a seguir.

Outro aspecto importante a ressaltar é que programas de renovação acelerada da frota apenas aceleram reduções futuras de emissões decorrentes do sucateamento natural dos veículos antigos, por isso a necessidade de ser de duração temporária focando apenas aqueles veículos com os maiores fatores de emissão.

6.4. CENÁRIO IMPLANTAÇÃO CONJUNTA DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO VEICULAR E DE RENOVAÇÃO ACELERADA DA FROTA

As Tabelas 58, 59 e 60 apresentam os resultados das estimativas de emissão de cada poluente considerando a implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota.

TABELA 58: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton CO)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	RENOVAÇÃO + IM	REDUÇÃO RENOVAÇÃO + IM
2003	1.166.893	2.354.800	50,45%	981.236	15,91%
2004	1.096.111	2.290.568	52,15%	843.960	23,00%
2005	1.027.609	2.205.361	53,40%	710.285	30,88%
2006	965.370	2.126.473	54,60%	589.345	38,95%
2007	907.163	2.045.604	55,65%	521.386	42,53%
2008	859.847	1.988.424	56,76%	469.318	45,42%
2009	817.743	1.948.322	58,03%	427.837	47,68%
2010	777.463	1.912.070	59,34%	394.514	49,26%

Fonte: Elaboração própria

TABELA 59: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton HC)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	RENOVAÇÃO + IM	REDUÇÃO RENOVAÇÃO + IM
2003	115.764	203.651	43,16%	102.063	11,84%
2004	110.233	197.391	44,15%	89.735	18,60%
2005	104.573	190.531	45,12%	77.375	26,01%
2006	99.997	184.612	45,83%	67.288	32,71%
2007	94.611	178.688	47,05%	62.123	34,34%
2008	90.592	174.881	48,20%	58.210	35,75%
2009	86.750	172.677	49,76%	54.385	37,31%
2010	82.926	171.015	51,51%	50.838	38,69%

Fonte: Elaboração própria

TABELA 60: Impacto nas emissões da implantação conjunta de um programa de inspeção e manutenção e de renovação acelerada da frota em comparação com o cenário BAU (ton NOx)

ANO	BAU	SEM PROCONVE	REDUÇÃO PROCONVE	RENOVAÇÃO + IM	REDUÇÃO RENOVAÇÃO + IM
2003	56.081	71.384	21,44%	51.167	8,76%
2004	54.575	69.844	21,86%	48.435	11,25%
2005	53.829	68.162	21,03%	46.642	13,35%
2006	54.058	66.995	19,31%	45.774	15,32%
2007	54.217	65.811	17,62%	45.722	15,67%
2008	55.399	65.342	15,22%	46.988	15,18%
2009	55.979	65.461	14,49%	47.877	14,47%
2010	55.868	65.749	15,03%	48.365	13,43%

Fonte: Elaboração própria

O aumento da parcela dos veículos novos em circulação, os quais emitem menos do que os veículos antigos, em função do seu desenvolvimento tecnológico, aliado a uma manutenção veicular que faça garantir o controle da deterioração das emissões ao longo da vida útil dos veículos proporcionariam benefícios ambientais importantes, na forma de redução de emissão de poluentes.

O CO poderia sofrer uma redução de, aproximadamente, 16% em 2003 até 49% em 2010. As emissões de HC se reduziram em 2003 12% variando até 39% em 2010. No caso das emissões de NOx, as mesmas sofreriam uma redução de 9% em 2003 até 13% em 2010, aproximadamente. Ao longo da implantação conjunta dos dois Programas, de 2003 a 2010, a emissão de 2.680.319 ton de CO, 223.430 ton de HC e 59.038 ton de NOx poderiam ser evitadas.

O programa de renovação acelerada da frota teve um peso maior na redução das emissões no caso dos poluentes CO e HC e menor considerando o NOx, para o qual a manutenção adequada dos sistemas de controle de emissões dos veículos em uso tem uma influencia maior no controle das emissões do que a substituição dos veículos antigos por novos. Para esse poluente, mesmo sendo os fatores de emissão dos veículos antigos maiores do que dos novos, a deterioração da emissão desses últimos exerce uma influência importante nas emissões.

As Figuras 21, 22 e 23 apresentam, também, os resultados.

FIGURA 21: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – CO (ton/ano)

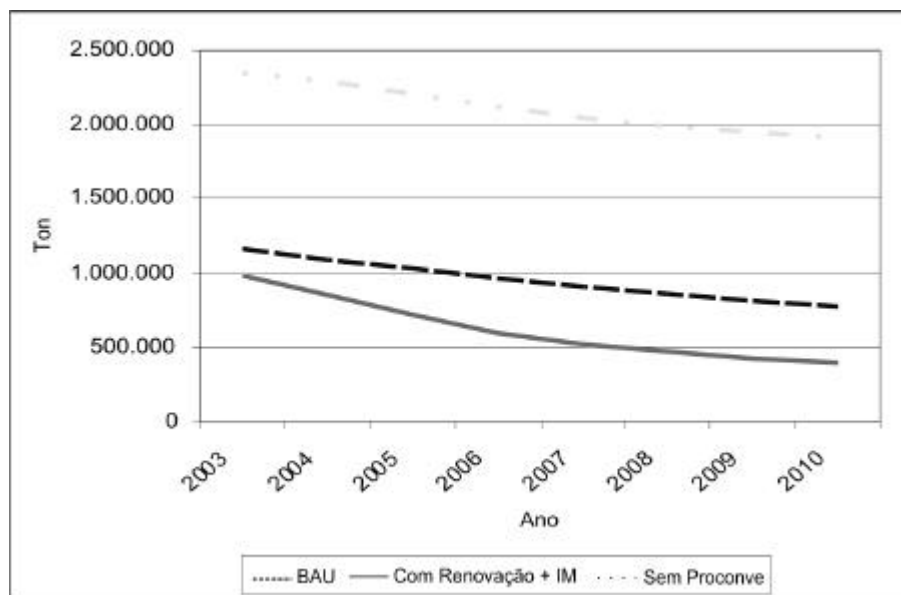


FIGURA 22: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – HC (ton/ano)

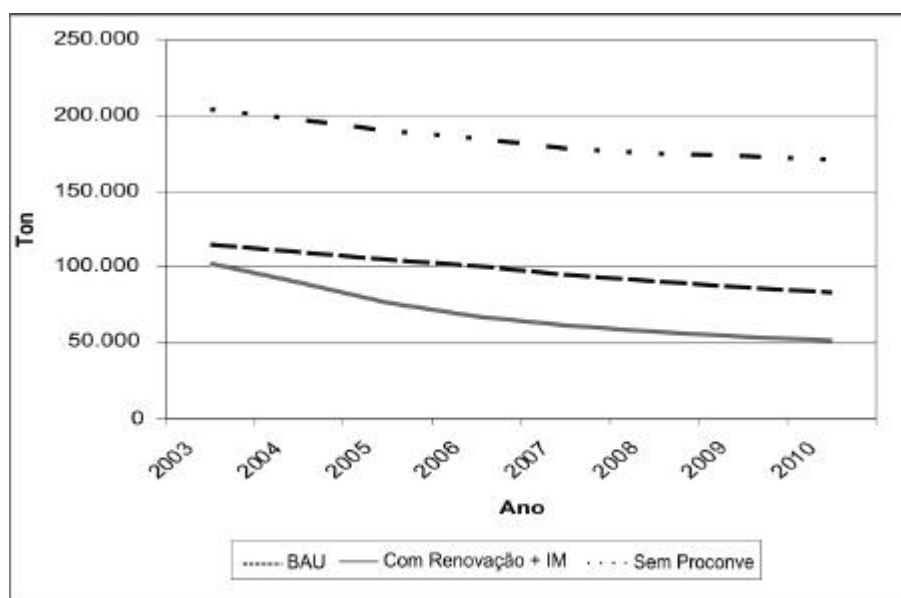
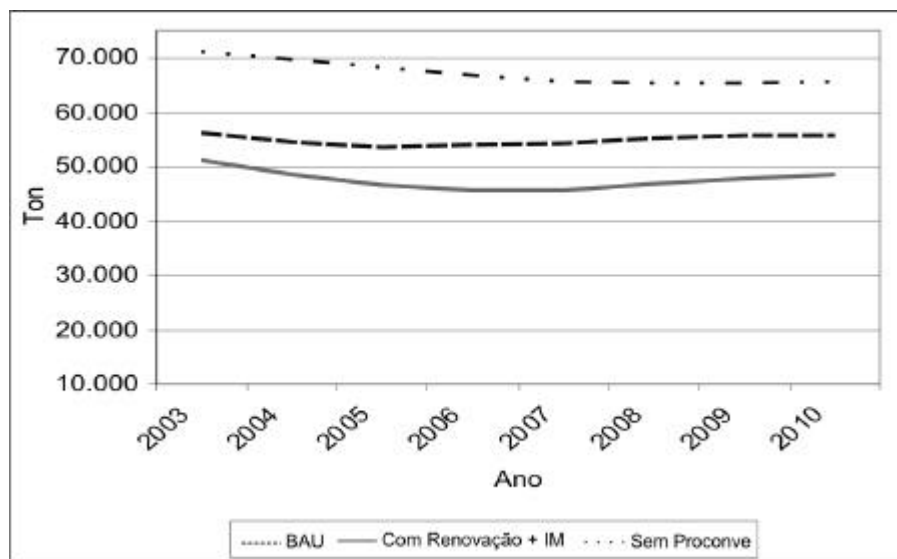


FIGURA 23: Impacto nas emissões da implantação conjunta do programa de inspeção e manutenção veicular e do programa de renovação acelerada da frota – NOx (ton/ano)



Para ilustrar, as Figuras 24, 25 e 26 apresentam os resultados de emissão dos poluentes analisados de todos os programas considerados neste estudo. Observa-se que uma implantação conjunta do Programa de I/M e de renovação acelerada da frota atingiria os resultados mais satisfatórios em termos de redução das emissões.

FIGURA 24 - Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares – CO (ton/ano)

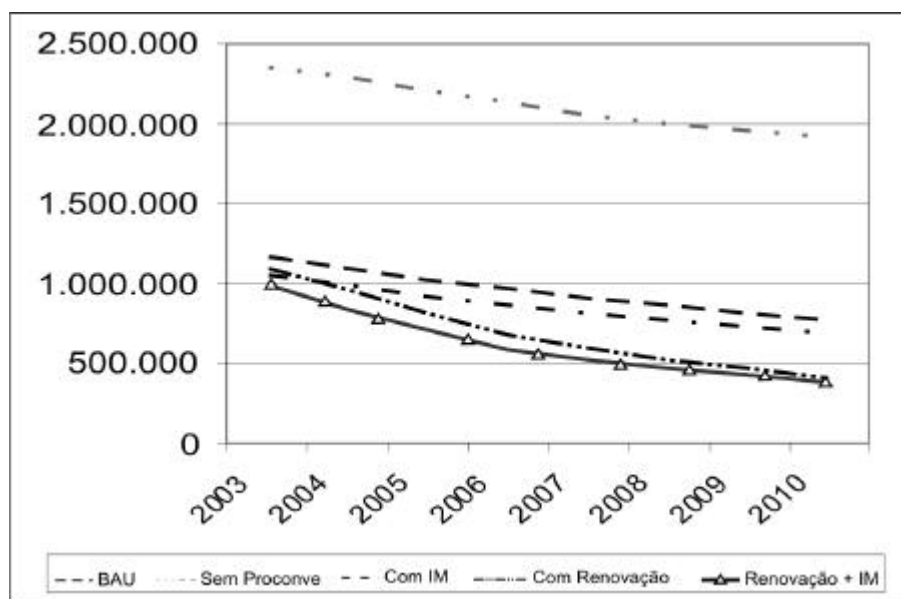


FIGURA 25- Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares - HC (ton/ano)

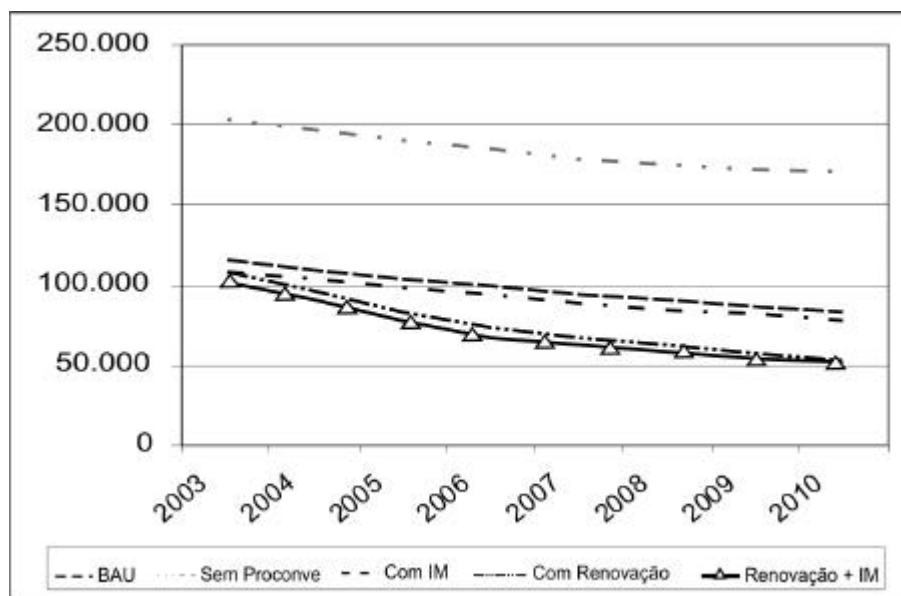
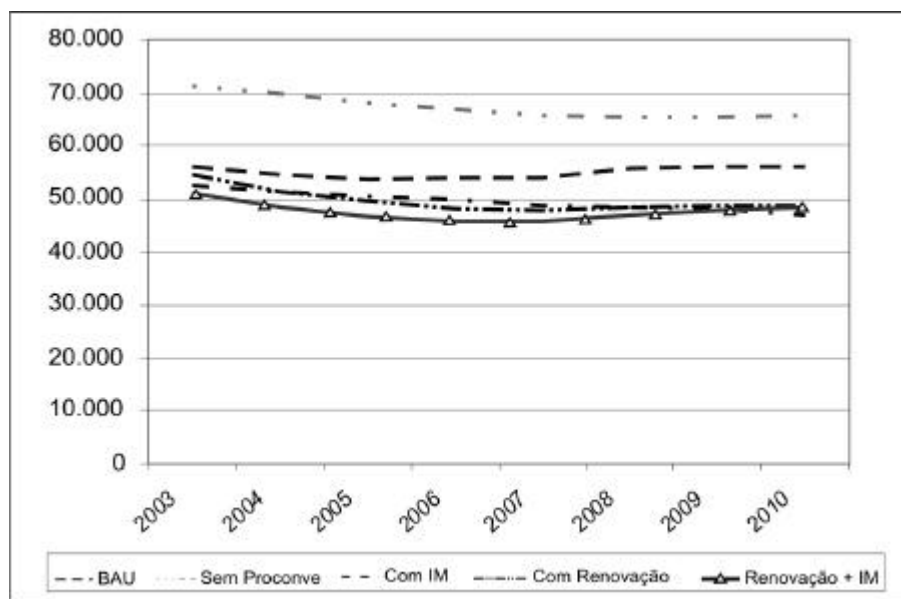


FIGURA 26 - Impacto nas emissões da implantação dos programas de redução de emissões veiculares - NOx (ton/ano)



Os Programas de I/M e de Renovação Acelerada da Frota são complementares ao PROCONVE e possuem objetivos distintos. O sucesso de um Programa de Renovação em um país como o Brasil pode ser dificultado pelas características sócio-econômicas do país, onde, geralmente, a maior parte dos proprietários de veículos mais antigos é de baixa renda. Mesmo com o incentivo de R\$ 2300,00 para substituição do veículo, possivelmente muitos proprietários não conseguiriam arcar com o restante do valor de um veículo novo, sendo fundamental a adoção de sistemas de financiamento com condições especiais para proprietários de baixa renda. Esse tipo de programa pode reduzir significativamente as emissões.

Diferente do programa de renovação acelerada da frota, o sucesso do programa de I/M, por ser obrigatório e de caráter punitivo para todos os veículos em circulação, dependerá de uma fiscalização eficiente pelos órgãos responsáveis para garantir que os veículos realizem a inspeção e os reparos necessários.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DE ORIGEM VEICULAR

As principais conclusões e considerações finais do estudo podem ser assim sumariadas:

- A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais mais importantes nos grandes centros urbanos
- A simples substituição de veículos mais poluidores por veículos dotados de modernos sistemas de controle de emissões com o sucateamento natural da frota (PROCONVE) não será suficiente para reduzir as emissões de modo a melhorar substancialmente a qualidade do ar nos grandes centros urbanos.
- É necessária a implantação de medidas além do PROCONVE para o controle das emissões veiculares, visto que os problemas da poluição de origem veicular não foram mitigados.
- 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.
- A implantação de programas de inspeção e manutenção que consigam manter a frota circulante em boas condições é fundamental para evitar que os altos investimentos feitos para a implementação do PROCONVE sejam perdidos.
- Programas de renovação acelerada da frota também poderiam reduzir as emissões antecipando benefícios futuros do PROCONVE através da substituição de veículos antigos por novos.
- Estes dois programas foram avaliados no estudo. Programas de renovação acelerada da frota apresentaram resultados mais importantes, em termos de

redução de emissões, para CO e HC. Programas de I/M apresentaram resultados mais importantes para o NOx.

- Veículos de ano-modelo mais recentes apresentaram as maiores reduções de emissão com a implantação do Programa de I/M.

A seguir essas conclusões e considerações finais são detalhadas.

A poluição atmosférica vem se constituindo em um dos problemas ambientais mais importantes dos grandes centros urbanos, gerando perda de bem estar, danos à saúde humana e ao meio ambiente, além de deteriorar os materiais presentes nas construções civis. O presente estudo buscou contribuir para o controle da poluição atmosférica através da proposição e avaliação de medidas para o controle das emissões veiculares. Os veículos automotores representam a principal fonte de poluição atmosférica nesses locais, já que a maior parte da frota de veículos utiliza derivados de petróleo (gasolina e diesel) como combustível para a sua operação. Os derivados de petróleo, além de provirem de uma fonte não renovável de energia, geram emissão de gases e partículas em consequência da sua queima. Vale ressaltar que há previsão de que a frota de automóveis ainda cresça consideravelmente nas próximas décadas.

Essa tendência reflete uma preferência pelo transporte individual, o que se dá por diversos motivos, desde questões culturais e relacionadas a status até a má qualidade do transporte público, o que ocorre principalmente nos países em desenvolvimento¹⁰⁸. A crescente produção automobilística desempenhou um papel central no processo mundial de industrialização. O automóvel passou a fazer parte da vida de milhões de pessoas, tornando-se símbolo de status e de liberdade individual.

Devido ao aumento da poluição atmosférica gerada pelas emissões veiculares no Brasil, foi implantado o PROCONVE, detalhado no Capítulo 2. Este Programa foi

¹⁰⁸ É claro que nos países em desenvolvimento, a maior parte da população precisa utilizar o transporte público por não ter condições financeiras para adquirir um automóvel. Entretanto, as pessoas que possuem um rendimento mínimo que possibilite a opção pelo transporte individual, provavelmente tendem a fazê-lo.

concebido dentro da filosofia de comando e controle¹⁰⁹, determinando limites máximos de emissão para os automóveis novos, o que estimulou a evolução tecnológica da indústria automotiva na busca pelo atendimento de limites de emissão cada vez mais restritivos. O presente estudo estimou a contribuição do Programa para a redução das emissões de veículos leves, o qual foi responsável por grande parte da redução das emissões até o momento, da ordem de 50% de CO, 43% de HC e 21% de NOx em 2003.

Conforme apresentado no Capítulo 6, apesar da frota total estar crescendo, as emissões totais têm mostrado redução em função da entrada de veículos mais novos e menos poluentes em circulação. No entanto os veículos antigos ainda são responsáveis por uma parte significativa das emissões. Dessa forma pode-se afirmar que uma parcela dos ganhos esperados no âmbito do PROCONVE ainda está por vir, com o sucateamento natural dos veículos antigos.

O PROCONVE atua no sentido de reduzir o problema da poluição atmosférica através da determinação de limites de emissão aplicáveis somente aos veículos novos. Entretanto, a natural deterioração dos veículos ao longo de sua vida útil, eventualmente aliada a uma manutenção veicular inadequada, pode gerar o mau funcionamento das novas tecnologias veiculares (responsáveis pela baixa emissão dos veículos novos em relação aos mais antigos), o que implica no aumento importante das emissões veiculares mesmo dos veículos fabricados em conformidade com o PROCONVE.

É necessária, então, a implantação de medidas além do PROCONVE para o controle das emissões veiculares, visto que os problemas da poluição de origem veicular ainda não foram mitigados. O presente estudo avaliou e propôs a implantação de um programa de inspeção e manutenção veicular e outro de renovação acelerada da frota. O primeiro programa visa à mitigação do problema da deterioração das emissões veiculares que ocorre ao longo da vida útil de todos os veículos, e o segundo visa acelerar benefícios futuros do PROCONVE através da substituição de veículos antigos por novos.

¹⁰⁹ As políticas de “comando e controle” visam o atendimento a metas específicas de controle ambiental, determinadas através da regulação, obrigação e fiscalização por parte dos órgãos reguladores governamentais.

Além disso, 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). A implantação de programas de I/M é fundamental para evitar que os atos investimentos feitos para a implementação do PROCONVE sejam perdidos¹¹⁰.

Os programas de I/M permitem a aquisição de informações sobre a frota que possibilitarão aperfeiçoar os inventários de emissões, identificando os veículos mais poluentes, ajustando os fatores de deterioração de emissões, etc, contribuindo muito para ganhos futuros em termos de elaboração de políticas públicas mais eficazes para a redução de emissões.

No Brasil, existem propostas em vias de implementação de programas de I/M, mas somente o Estado do Rio de Janeiro possui em vigor um Programa dessa natureza. As principais propostas em vias de implementação são a do Município de São Paulo e a proposta a nível nacional do DENATRAN (Projeto de Lei nº 5979/01).

O Programa proposto pelo Município de São Paulo tem área de atuação muito restrita. A Região Metropolitana de São Paulo compreende 38 municípios, ocorrendo uma intensa circulação intermunicipal de veículos. Assim uma parcela importante de veículos que circulam dentro do Município de São Paulo não será inspecionada caso essa proposta venha a ser implementada conforme foi concebida.

A proposta do DENATRAN tem um enfoque na inspeção de segurança, por isso propõe a universalização do programa. Entretanto, o problema da poluição atmosférica local é maior nas regiões metropolitanas, onde se concentra um número elevado de veículos. Por isso a priorização dessas regiões é recomendável para conter os custos do programa.

¹¹⁰ Além dos benefícios ambientais, programas de inspeção e manutenção estimulam a conservação geral dos veículos aumentando em muito a segurança de sua operação.

O Programa do Rio de Janeiro é o único efetivamente implantado no Brasil e funciona desde julho de 1997, abrangendo todo o estado e tendo adquirido sólida experiência ao longo desses anos. O Programa, porém, não tem caráter punitivo para a inspeção de emissões, exceção feita para veículos de uso intensivo. Este fato limita o sucesso do programa, já que mesmo os veículos muito poluidores não precisam realizar manutenção para obter o licenciamento.

O tipo de teste de emissão realizado no Programa do Rio de Janeiro (e nas demais propostas brasileiras) é o denominado teste básico, sendo realizada somente a medição da concentração de CO e HC, com o veículo em marcha-lenta e 2500 RPMs.

A implantação de um programa padrão de inspeção e manutenção veicular foi proposta para regiões que apresentam comprometimento da qualidade do ar devido às emissões de poluentes pela frota circulante, como as grandes regiões metropolitanas brasileiras, a ser implantado pelos órgãos estaduais de meio ambiente, associado ao processo de licenciamento. A inspeção deverá ser obrigatória para todos os veículos.

O serviço de inspeção poderá ser exercido pelo poder público ou por empresa privada através de concessão, desde que a mesma comprove, na licitação, capacitação técnica e financeira, e não tenha vínculo com o setor automotivo. Além disso, os postos de inspeção não poderão realizar serviços de reparação para que os testes de inspeção sejam realizados da forma mais isenta possível, sem que haja interesse na comercialização de serviços.

Propôs-se a utilização de testes de inspeção com dinamômetros e analisadores apropriados de gases que medem as emissões de HC, CO e NOx dos veículos em regimes transientes de aceleração. O teste básico de emissão é mais eficiente para veículos carburados, sem avançados sistemas de controle de emissões, na medida em que é capaz de identificar o mau funcionamento do sistema de combustão. Veículos mais modernos, equipados com injeção e ignição eletrônicas e catalisadores de três vias podem apresentar, por exemplo, defeitos nos sensores de injeção e degradação dos catalisadores, sem que isso altere de forma mensurável o nível de emissões em regime de marcha-lenta. Assim, veículos com esse tipo de defeito

podem apresentar baixo nível de emissão nos testes básicos mas podem emitir muito em regimes transientes de aceleração. Além disso, o teste básico não mede emissões de NOx, desprezíveis quando o veículo encontra-se sem carga. Somente a utilização de dinamômetros, simulando condições reais de condução do veículo, pode identificar emissões veiculares de quantidades significativas de NOx.

Os testes avançados de emissão, com dinamômetros, apesar de mais apropriados, são mais custosos. Devido à questão do custo elevado do equipamento, e sendo os testes básicos eficientes para veículos carburados, sem sistemas avançados de controle de emissões, propôs-se um programa de inspeção e manutenção utilizando testes básicos para veículos carburados e testes com dinamômetros para veículos com sistemas avançados de controle de emissões (injeção e ignição eletrônicas, catalisadores, etc.).

Para que a implantação do programa de I/M seja eficaz, diversos fatores são importantes como, por exemplo: desenvolvimento de software interativo e aquisição de hardware adequado; concepção de sistema de garantia da qualidade; treinamento de inspetores, supervisores e gerentes; montagem de estrutura de divulgação e atendimento ao público; locação e distribuição geográfica das estações; desenvolvimento de plano de emergência para atendimento de picos de movimento; dimensionamento e previsão da expansão da rede; manipulação das informações das estações; elaboração de relatórios estatísticos; rotina de auditoria interna e externa; otimização permanente dos procedimentos de inspeção, renovação tecnológica dos procedimentos e equipamentos, entre outros.

É fundamental, também, que haja uma fiscalização dos veículos na rua para que os proprietários de veículos que não tenham sido inspecionados sejam penalizados de alguma forma. Uma lição importante a ser aprendida sobre o programa de I/M do Rio de Janeiro, por exemplo, diz respeito não ao programa, mas à falta de capacidade do poder público de fiscalizar os veículos que não realizam a inspeção ou que são reprovados na mesma mas circulam na ilegalidade.

Foi proposta, também, a implantação de um Programa de Renovação Acelerada da frota¹¹¹ registrada prioritariamente em regiões que apresentam comprometimento da qualidade do ar devido às emissões de poluentes pela frota circulante (as grandes regiões metropolitanas brasileiras). O programa deve ser de caráter voluntário e baseado em incentivos para a substituição de um veículo usado (antigo) por um veículo novo *flex-fuel*.

O Programa deverá focar os veículos mais antigos da frota, substituindo inicialmente os veículos ano-modelo pré-1989 e, posteriormente, em uma segunda etapa, os veículos pré-1992. O programa deve ser temporário até a substituição da parcela da frota mais antiga, determinada no programa.

Os participantes do programa receberiam um incentivo financeiro para a substituição de seu veículo antigo por um novo. Esse incentivo seria definido como um desconto no valor do veículo novo, composto pelo somatório de contribuições tanto da iniciativa privada (redução do preço) quanto do setor público (renúncia fiscal) e totalizaria R\$ 2.300,00, conforme estimativa apresentada no Capítulo 4. Haveria, também, um financiamento com condições especiais para proprietários de veículos mais antigos. Tanto a obtenção do desconto quanto o acesso ao financiamento estarão condicionados à apresentação do certificado de sucateamento do veículo antigo.

Na implantação do Programa, há que se considerar alguns aspectos importantes: os veículos devem ser encaminhados para centros de sucateamento para serem efetivamente sucateados/reciclados minimizando o risco de serem vendidos em outras áreas fora do escopo do Programa. O certificado de sucateamento do veículo antigo deverá ser emitido no momento da entrega do veículo antigo em um desses centros de sucateamento. O registro dos veículos deve estar atualizado e correto, para evitar que veículos que não estejam mais sendo utilizados ou então veículos cujos proprietários já tenham recebido o incentivo participem do Programa, além da verificação da localização dos veículos, evitando-se a “importação” de veículos antigos de outras áreas para se beneficiarem do incentivo. Auditorias periódicas são, também, importantes para a garantia dos objetivos do programa.

¹¹¹ O Programa de Renovação Acelerada da Frota é um instrumento econômico que se baseia no estímulo a uma ação voluntária de indivíduos (substituição de veículos antigos por novos) a partir de um incentivo econômico.

Além da redução das emissões, outro benefício do programa de renovação acelerada da frota é a implantação de uma estrutura organizada de captação, sucateamento e reciclagem de veículos. A reciclagem dos veículos a serem sucateados é uma medida importante para a redução dos impactos ambientais do uso do automóvel considerando todo o seu ciclo-de-vida. Essa medida, necessária sob todos os pontos de vista, tem no programa de renovação acelerada da frota uma forma de viabilizar sua adoção. Vale destacar que a implantação de um programa de reciclagem deve ser norteada por estudos/análises do ciclo de vida do produto (veículo) e incorporar o princípio da responsabilidade compartilhada entre todos os setores envolvidos, ou seja, poder público, sociedade e setor produtivo. A gestão compartilhada e integrada dos resíduos do sucateamento deve ser feita localmente, contemplando todas as possibilidades disponíveis e tomando como base as realidades e necessidades sociais, econômicas e ambientais. É importante ressaltar que existem estudos comprovando que a reciclagem é, em certos casos, mais econômica nos aspectos de consumo de energia, água e materiais acessórios utilizados diretamente na produção de um bem, quando comparada à produção a partir de matéria-prima virgem.

Com base nos programas propostos, o presente estudo, então, modelou e estimou os impactos nas emissões gerados pela implantação do programa de inspeção e manutenção veicular e de renovação acelerada da frota de veículos leves de passageiros. Para isto foram elaborados cinco cenários, considerando como estudo de caso a Região Metropolitana de São Paulo - RMSP:

- Cenário “Business as Usual - BAU” – representa a situação “business as usual”, incorporando a implantação do PROCONVE conforme estabelecido pela legislação em vigor. Representa uma projeção da situação atual da RMSP.
- Cenário “Sem PROCONVE” - simula as emissões caso o PROCONVE não tivesse sido implantado, alterando os fatores de emissão dos veículos novos e considerando uma evolução tecnológica independente do PROCONVE.
- Cenário I/M – simula o impacto nas emissões da implantação do programa de inspeção e manutenção de veículos.

- Cenário “Renovação Acelerada da Frota” – simula o impacto nas emissões da implantação do programa de renovação acelerada da frota.
- Cenário “Inspeção e Renovação” – simula a implantação simultânea do Programa de Renovação Acelerada da Frota e do Programa de Inspeção e Manutenção veicular.

As estimativas das emissões, com base nos cinco cenários analisados, resultam em reduções importantes de emissão com a implantação do programa de I/M e do programa de renovação acelerada da frota, considerando a implantação de cada programa separado e em conjunto. É importante ressaltar que, apesar do programa de renovação acelerada de frota permitir reduções importantes nas emissões, apenas acelera reduções futuras de emissões decorrentes do sucateamento natural dos veículos antigos.

Conforme apresentado no Capítulo 6, a implantação do programa de I/M reduziria as emissões de CO em, aproximadamente, 10% em 2003 até 11% em 2010. No caso da implantação do Programa de Renovação Acelerada da Frota, nos primeiros três anos de vigência do programa as reduções seriam menos importantes, mas com sua evolução e o aumento das substituições dos veículos antigos por novos, as reduções aumentariam. Nos três primeiros anos, as reduções de CO, seriam de, aproximadamente, 6 a 21% e saltariam para 39 a 46% nos três últimos anos analisados (2008-2010).

As emissões de HC, com a implantação do Programa de I/M, reduziram-se em média 6% e, com a implantação do Programa de Renovação Acelerada da frota, 36% em 2010. As emissões de NOx reduziram-se em 16% em 2010 com a implantação do primeiro programa e 12% considerando o segundo programa.

O poluente que mostra a menor redução em resposta à implantação do programa de renovação acelerada da frota é o NOx devido à alta deterioração de suas emissões. Por outro lado, este poluente apresentou as maiores reduções com a implantação do programa de I/M. Dentre os veículos inspecionados, aqueles de ano-modelo mais

recentes obtiveram os resultados mais importantes em termos de redução das emissões. Isto porque a deterioração de suas emissões, devido à tecnologia mais sofisticada e aos sistemas de controle de emissões, é maior do que nos veículos mais antigos. Os resultados de CO e de HC foram mais significativos para os veículos ano-modelo entre 1992 e 1996, pois já possuem sistemas de controle de emissões mas, em função da quilometragem percorrida ao longo do período analisado, mostram deterioração dos mesmos. No caso do NOx, os resultados são mais importantes para os veículos ano-modelo mais recentes, a partir de 1997, nos quais os sistemas de controle são mais complexos, com catalisadores de três vias, que danificados, podem aumentar significativamente as emissões.

Cabe acrescentar que a estimativa das emissões da implantação do programa de inspeção e manutenção veicular é bastante conservadora, já que se considerou na análise somente o problema do aumento das emissões oriundas do mau funcionamento dos sistemas de controle de emissões. Na prática, programas como esse podem corrigir outros problemas que também influenciam as emissões. Além disso, ajustes nos fatores de deterioração das emissões foram estimados com base em taxas representando padrões de deterioração dos sistemas de controle de emissão de cidades norte-americanas. Provavelmente em países como o Brasil, a frequência de manutenção dos veículos é menor, além da existência de outros fatores como má qualidade das ruas, o que pode resultar em deterioração ainda maior dos sistemas.

Um programa de renovação acelerada da frota em um país como o Brasil pode ser bastante complexo, já que proprietários de veículos mais antigos têm, em geral, reduzido poder aquisitivo. Mesmo diante da substituição de seus veículos antigos por novos, podem não conseguir realizar a manutenção adequada. Por isso é importante a implantação conjunta do programa de renovação acelerada da frota, e de I/M. Adicionalmente, veículos antigos muito deteriorados, que necessitariam de reparos bastante custosos, poderiam ser encaminhados para o programa de renovação acelerada da frota. A implantação de ambos os programas poderiam reduzir as emissões de CO em, aproximadamente, 16% em 2003 e em até 49% em 2010. As emissões de HC se reduziriam em 12% em 2003 variando em até 39% em 2010. As emissões de NOx reduziram-se em 9% em 2003 e em até 13% em 2010, aproximadamente. Ao longo da implantação conjunta dos dois Programas, de 2003 a

2010, a emissão de 2.680.319 ton de CO, 223.430 ton de HC e 59.038 ton de NOx poderiam ser evitadas¹¹².

A TABELA 61 apresenta um resumo dos resultados para 2010, considerando os programas analisados no estudo¹¹³.

TABELA 61: Emissões de poluentes em 2010 - ton

	Sem PROCONVE	BAU	IM	Renovação	Ambos
CO	1.912.070	777.463	692.244	418.678	394.504
HC	171.015	82.926	77.619	52.962	50.838
NOx	65.749	55.868	47.024	48.999	48.365

Fonte: elaboração própria

Ambos os programas propostos poderiam também contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, ao reduzirem o consumo médio da frota seja por intermédio da introdução de veículos mais eficientes¹¹⁴ seja por incentivar a manutenção preventiva e corretiva dos mesmos, e principalmente, com a substituição de veículos movidos somente a gasolina por veículos flex-fuel, que utilizam também o álcool combustível. A quantificação da contribuição desses programas para a redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, porém, está fora do escopo deste estudo e merecerá atenção em estudos futuros.

O crescente aumento das vendas dos veículos flex-fuel é uma realidade. A demanda permanece crescente, aumentando de 48.178 veículos flex-fuel vendidos em 2003

¹¹² O programa de renovação acelerada da frota teve um peso maior na redução das emissões no caso dos poluentes CO e HC e menor considerando o NOx, para o qual a manutenção adequada dos sistemas de controle de emissões dos veículos em uso tem uma influência maior no controle das emissões do que a substituição dos veículos antigos por novos. Para esse poluente, mesmo sendo os fatores de emissão dos veículos antigos maiores do que dos novos, a deterioração da emissão desses últimos exerce uma influência muito significativa nas emissões.

¹¹³ Pode-se observar que as emissões de NOx, considerando a implantação dos dois programas, são mais elevadas do que as emissões relativas à implantação do programa de I/M. Este fato ocorre devido ao aumento da parcela de veículos mais novos dentro de um programa de renovação acelerada da frota, que sofrem uma deterioração mais acentuada para o NOx.

¹¹⁴ Entretanto, com relação à renovação da frota, dependendo do veículo novo, o mesmo pode não ser mais eficiente em termos de redução do consumo e, provavelmente, percorreria mais quilômetros anuais do que o veículo antigo podendo emitir mais CO₂.

para 119.925 nos primeiros seis meses de 2004. (ANFAVEA, 2004). O programa proposto de renovação acelerada da frota estimulará a introdução desses veículos, aumentando o consumo de combustíveis renováveis no país.

Atenção deve ser dada para os veículos movidos a gás natural. 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 equacionado com a nova legislação regulamentando as conversões (Resolução CONAMA 291/2001). 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. O GNV traria resultados mais positivos no tocante à questão da poluição atmosférica se fosse utilizado em parte da frota diesel de veículos pesados de circulação restrita aos grandes centros urbanos.

7.2. LIMITAÇÕES

Este estudo propôs a implantação de programas que permitem uma redução das emissões de poluentes veiculares focando os veículos leves, mantendo os padrões atuais de transporte, que são baseados no transporte individual. Esses programas são importantes e podem gerar resultados relativamente rápidos em termos de redução de emissões¹¹⁵. No entanto, sistemas de transporte e tráfego estrangulados e a conseqüente perda de mobilidade e qualidade de vida nos grandes centros urbanos demonstram o esgotamento do modelo que privilegia o automóvel como meio preferido para os deslocamentos na cidade.

A política de transportes priorizou o transporte rodoviário, o que resultou, além da construção intensiva de rodovias, em um aumento significativo da frota de veículos automotores. As administrações municipais, pressionadas pelo crescimento da frota de automóveis e pelos congestionamentos de trânsito trataram de ampliar o sistema viário. O resultado ao longo do tempo foi o favorecimento, cada vez maior, do transporte individual gerando, por conseqüência diversos problemas, como aumento da poluição atmosférica, baixa taxa de mobilidade, etc.

Por isso outros caminhos são igualmente importantes para a redução de emissões de origem veicular, como por exemplo, aqueles relacionados às mudanças 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.

Uma solução sustentável para a questão passa necessariamente pela expansão e melhoria de qualidade dos transportes coletivos urbanos, reduzindo o uso do transporte automotivo individual. A redução da quantidade de veículos em circulação e dos quilômetros percorridos, bem como a otimização das velocidades médias dos

percursos, além de reduzir emissões de poluentes locais, pode reduzir de forma importante as emissões de gases de efeito estufa. Para isso é importante a expansão da oferta de transporte público de qualidade, capaz de estimular os proprietários de automóveis a utilizarem menos os seus veículos.

É importante destacar, porém, que a maior parte do transporte público nos grandes centros urbanos brasileiros é realizada por ônibus, os quais utilizam o óleo diesel como combustível. Esse combustível contribui bastante para a poluição atmosférica através das emissões de NOx e particulados, principalmente, necessitando de medidas para a redução desses poluentes, como, por exemplo, a instalação de filtros e catalisadores (o que só é possível a partir de uma redução do teor de enxofre do diesel) e a mudança de combustível (de óleo diesel para GNV, por exemplo). O aumento da utilização de outros meios de transporte público também geraria ganhos em termos de redução de emissões, como, por exemplo, expansão da malha metroviária e do transporte hidroviário.

Além da melhoria do sistema de transporte público, existem outras soluções para a redução dos automóveis em circulação nos centros urbanos que passam pela sua restrição legal ou pela imposição de taxas sobre circulação de automóveis, medida implantada em Londres¹¹⁵. Além de reduzir a quantidade de veículos em circulação, reduzindo as emissões, o sistema é uma fonte de arrecadação do governo que pode ser utilizada na implantação de outras medidas importantes de melhoria da qualidade do ar.

Entretanto, qualquer medida de restrição do uso do transporte individual deverá ser considerada em um contexto de oferta de serviços de transporte coletivo eficientes e de boa qualidade, o que é bastante complexo, embora fundamental, em uma região com as escalas como a de São Paulo.

¹¹⁵ Os programas apresentados de controle de emissão veiculares podem gerar retornos mais rápidos em termos de redução de emissões do que, por exemplo, uma mudança de modal de transporte como a construção de novas linhas de metrô.

¹¹⁶ O sistema londrino funciona em dias úteis, das 7hs até 16:30hs no centro financeiro de Londres. É cobrada uma taxa de cinco libras para os condutores de automóveis para circular na área nos dias e horários definidos.

7.3. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Por fim, alguns estudos futuros são necessários visando aprimorar medidas para redução da poluição atmosférica de origem veicular. Destacam-se testes avançados de emissão de amostras da frota nacional considerando testes com e sem reparos dos sistemas de controle de emissões e outros tipos de reparo nos diversos modelos de veículos que circulam pelas grandes cidades brasileiras, pesquisas empíricas visando estimar níveis médios de manutenção realizados pelos brasileiros, entre outras pesquisas buscando informações sobre o perfil e a manutenção da frota brasileira para subsidiar a elaboração de programas eficazes de inspeção e manutenção veiculares.

Estudos buscando uma análise do custo-benefício dos programas propostos e de outros tipos de programas, como, por exemplo, incentivos para utilização do transporte público em detrimento do transporte individual dentro de um programa de renovação acelerada da frota, avaliação do custo-benefício dos testes básicos e avançados de inspeção de emissões, entre outros, são importantes para o planejamento de políticas públicas voltadas para a redução de emissões.

Outra discussão importante seria a introdução de padrões de eficiência energética dos veículos. Maior eficiência no consumo dos 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.

Estudos sobre medidas para redução das emissões de veículos pesados, a diesel, também são fundamentais para a melhoria da qualidade do ar, já que os veículos pesados, os quais não foram objeto deste estudo, são grandes contribuintes da poluição atmosférica. Esses estudos precisam considerar perspectivas de redução do enxofre do diesel brasileiro, que impedem o uso de sistemas avançados de controle da poluição nos veículos a diesel (considerando as dificuldades relativas ao alto custo da

instalação e/ou ampliação das 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), impactos nas emissões de programas de inspeção e manutenção de veículos pesados, mudança de combustível (para o GNV, por exemplo), adição do biodiesel ao óleo diesel (conforme o Programa Combustível Verde do Governo Federal), entre outros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (1990). NBR 6601 – *Análise de gases de exaustão de veículos automotores leves movidos a gasolina*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil.

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.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP (2001). Portaria nº 310, de 27 de dezembro de 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP (2003). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2003.

AIAA/SOPRAL (1992). *Etanol - Fonte de Energia para a Sociedade Auto-Sustentável*, São Paulo.

AAM (2003). Alliance of Automobile Manufactures, www.autoalliance.org

ANFAVEA (2000). *Renovação da frota de veículos – benefícios, centro de reciclagem e demanda*.

ANFAVEA (2003). Anuário Estatístico 1957-2002 da Indústria Automobilística Brasileira. São Paulo

ANFAVEA (2001-2004). Carta mensal, vários números.

ASIAN AND DEVELOPING BANK – ADB (2003). *British Columbia: Scrap-it Program*, Disponível em www.adb.org/vehicle-emissions/general/inuse-scrappage-1.asp

ASSESSORIA DO SINDICATO DOS METALÚRGICOS do ABC (2002). Plano de 7 Metas para o Setor Automotivo no Brasil – *Propostas para o Plano de Governo Lula Gestão 2003-2006*, março.

AUTOALLIANCE (2002). *World-Wide Fuel Charter*. Disponível em <http://autoalliance.org/archives/wwfcbrochure.pdf>

BANCO MUNDIAL (2000). *World Development Indicators*, Washington, DC.

BELCHIOR, C. R. (2000). *Aspectos da utilização do gás natural como combustível automotivo*, PEM/COPPE/UFRJ.

- 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.
- 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*, EnvironMentality – tecnologia com conceitos ambientais.
- CAMARA DOS DEPUTADOS, Projeto de Lei 5979/2001, www.camara.gov.br
- CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD (2000). Setembro de 2000.
- CAVALCANTI, P. S. (2003), *Avaliação dos impactos causados na qualidade do ar pela geração termelétrica*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CEMT (1999), *Improving the Environmental Performance of Vehicles: Fleet Renewal and Scrappage Schemes*, European Conference of Ministers of Transport, Committee of Deputies.
- CEMTE/CS/ENV (1998). *An assessment of car scrappage schemes – draft report. 4 december 1998*, European Conference of Ministers of Transport.
- COMISSÃO EUROPEIA (2003), Autooil, in <http://europa.eu.int/comm/environment/autooil>
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB (1999). Inventário de emissão veicular – metodologia de cálculo, Mimeo.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB (2003). *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2002*, São Paulo.
- CONAMA (1990). Resolução nº 8 de 1990.
- CONAMA (1990). Resolução nº 7 de 1993.
- CONAMA (1997). Resolução nº 227, de 20 de agosto de 1999.
- CONAMA (1999). Resolução nº 251, de 12 de janeiro de 1999.
- CONAMA (1999). Resolução nº 256, de 30 de junho de 1999.

- CONAMA (2002). Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002
- CONAMA (2002). Resolução nº 315 de 29 de outubro de 2002
- CONAMA (2003). Resolução nº 342, de 25 de setembro de 2003
- CORREIA, E.L. (1996). Efeitos Técnico-econômicos sobre a demanda de carburantes automotivos no Brasil, VII Congresso Brasileiro de Energia – CBE, II Seminário Latino Americano de Energia.
- 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.
- DEPARTMENT OF ENERGY / ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- US DOE (2003). US Green Fuel Economy Guide. www.fueleconomy.gov.
- DENATRAN (2004). Programa de Inspeção Técnica de Segurança Veicular - ITV, 3º Encontro Internacional da Associação dos Fabricantes de Equipamentos para o Controle de Emissões Veiculares da América do Sul, Brasília.
- DETRAN-RJ – FEEMA (2002). Portaria conjunta nº 17, de 21 de março.
- DILL, J. (2004). “Estimating emissions reductions from accelerated vehicle retirement programs”, *Transportation Research Part D* 9, 87-106
- DONDERO, L., GOLDEMBERG, J (2004). Environmental implications of converting light gas vehicles: the brazilian experience, *Energy Policy*, article in press.
- 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 – Mobil Sources*, Office of Transportation and Air Quality – www.epa.gov/otaq
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1997). *Accelerated Vehicle Retirement Programs*, United States Environment Protection Agency, Office of Mobile Sources, Environmental Fact Sheet, EPA 420-F-97-031.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (1998). *Inspection and Maintenance (I/M) Program Effectiveness Methodologies*, United States Environmental Protection Agency, EPA 420-S-98-015, outubro.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (2000). *Federal and California Exhaust and Evaporative Emission Standards for Light-Duty Vehicles and Light-Duty Trucks*, United States Environmental Protection Agency, fevereiro.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA (2004). *US Environmental Protection Agency Green Vehicle Guide*. www.epa.gov/greenvehicles/.
- ESMAP (2002). *Making Vehicle Emissions Inspection Effective – Learning from Experience in India*, South Asia Urban Air Quality Management Briefing Note. Nº 9, Urban Air pollution, The World Bank.
- EUROPEAN COMMISSION (2000). *The Auto Oil II Program*, Relatório para a Comissão Europeia.
- EUROPEAN UNION (2004). *Petrol and Diesel Engines in* <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s15004.htm>
- FAIZ, A. et alii, (1996). *Air Pollution from Motor Vehicles*, The World Bank, Washington, DC
- 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.
- FAUDRY D. et al (2000). *Public policies and the environmental performance of the passenger car fleet*, CNRS ECODEV Programme.

- FAVARETTO, J. E. (2001). *Inspeção Técnica Veicular – ITV - Impactos Sócio-econômicos*, Instituto Brasileiro Veicular, maio.
- FEEMA (2000). *Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV*. Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente – RJ
- FILHO, A. M.; NOVAES, A. B. (2001). *Inspeção Veicular – as experiências argentina e chilena*.
- GÁS BRASIL (2004). www.gasbrasil.com.br
- GASNET (2004). Perfil do GNV no Brasil. http://www.gasnet.com.br/gasnet_br/gnv/perfil_gnv.asp#detalhes
- 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.
- HEALTH CANADA (2003). www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/air_quality
- 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
- 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"
- IANGV – Internacional Association for Natural Gas Vehicle (2000). *Exhaust emissions from natural gas vehicles – issues related to engine performance, exhaust emissions and environmental impacts*, Report prepared for the IANGV Technical Committee
- IANGV - Internacional Association for Natural Gas Vehicle (2004). *Latest International NGV Statistics*. www.iangv.org
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), Working Group I, The Scientific Basis.
- IBAMA (1998). *Programa de Controle da poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE*. Coleção Meio Ambiente – Série Diretrizes – Gestão Ambiental nº2. MMA/IBAMA, Brasília.

- KAVALEC, C., SETIAWAN, W (1997). "An analysis of accelerated vehicle retirement programs using a discrete choice personal vehicle model", *Transport Policy*, Vol. 4. No 2, pp.95-107.
- LA ROVERE, E.L.; CAVALCANTI, P.M.P.S; LOPES JR., D.Q; KRONENBERGER, G.; MENDES, F.E.; SZWARCFITER, L. & MONTEIRO, L.C. (2002). *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.
- 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.
- 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.
- 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", São Paulo.
- MACEDO, I. C. (1991), *Agroindústria da cana-de-açúcar: participação na redução da taxa de carbono atmosférico no Brasil*, Gerência Central de Tecnologia Industrial. Informativo CTC, Copersucar, no.67, novembro.
- 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
- MAGE, D.T. E ZALI, O. (1992). *Motor Vehicle Air Pollution - Public Health Impact and Control Measures*, World Health Organization
- MCT/CLIMA, *Emissões da frota brasileira de veículos leves de 1990 a 1994*, www.mct.gov/clima/comunic_old/veicu03.htm
- MENDES, F. E. (2004). *Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves No Brasil*, Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

- MEYER, C.R. (2001). Implicações energético-ambientais de esquemas de sucateamento de automóveis no Brasil, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2004). Anuário Estatístico do GEIPOT - Transporte Rodoviário.
- 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.
- ONURSAL, B, GAUTAM, S. P. (1997). *Vehicular air pollution – experiences from seven latin american urban centers*, World Bank Technical Paper nº 373.
- PLOTKIN, S.E. (2002). *European and Japanese fuel economy initiatives: what they are, their prospects for success, their usefulness as a guide for US action*, Energy Policy, 29, 1073-1084.
- PIERROBON, E. (2001). “Gás Natural Veicular: mercado em expansão, www.gasbrasil.com.br.
- PRODESP (2003). 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.
- RIVEROS, H.G., CABRERA, E., Ovalle, P. (2002). “Vehicle inspection and maintenance, and air pollution in Mexico City”, *Transportation Research Part D*, 7 73-80.
- SALDIVA, P.H.N., BRAGA, A., PEREIRA, L.A. (2002). *A poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana*, Faculdade de Medicina da USP.
- 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.

- SAMARAS, Z., KITSOPANIDIS, I. (2001). "Methodology and results of the evaluation of alternative short tests applied in inspection and maintenance programs", *Transportation Research Part D*, 6 111-122.
- SANTOS U.J (2004). Histórico do GNV no Brasil. <http://www.gasvirtual.com.br/historico.htm> .
- 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.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEM (2000). *Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso – PCPV para o Estado de São Paulo*.
- SINDICATO DOS ENGENHEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SEESP (1999). *Aspectos Relevantes para a Regulamentação do Programa de Inspeção Técnica dos Veículos no Brasil*, Conselho Tecnológico, Comitê de Inspeção Técnica de Veículos – ITV.
- SOKOL, C., HARMACY, A., *A feasibility study on the implementation of a vehicle scrappage program in Winnipeg, Manitoba*, Environment Canada Transportation Systems Branch, Air Pollution Prevention Directorate, Quebec.
- 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.
- 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.
- THE WORLD BANK (2002). *Urban Air Pollution – Can Vehicle Scrappage Programs Be Successful?*, South Asia Urban Air Quality Management Briefing Note No. 8. Management Assistance Programme, The World Bank.
- UNEP (1999). *Phasing Lead Out of Gasoline: an examination of policy approaches in different countries*. United Nations Environment Programme.
- WALSH, M.P. (1985). *Global Trends in Motor Vehicle Air Pollution Control - The Significance for Developing Countries*, Society of Automotive Engineers Technical Paper Nº 852221.
- WASHBURN, S., SEET, J. E MANNERING, F. (2001). "Statistical modeling of vehicle emissions from inspection/maintenance testing data: an exploratory analysis", *Transportation Research Part D*, 6 21-36.

- 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.
- WENZEL, T. (2001). 'Evaluating the long-term effectiveness of the Phoenix IM240 program". *Environmental Science & Policy* 4, 377-389.
- WENZEL, T. (2001). "Reducing emissions from in-use vehicles: an evaluation of the Phoenix inspection and maintenance program using test results and independent emissions measurements". *Environmental Science & Policy* 4, 359-376.
- WORLD WIDE FUEL CHARTER (2000), World wide fuel harmonization.
- YU, T., LIN, Y., CHANG L. W. (2001). "Optimized combinations of abatement strategies for urban mobile sources". *Chemosphere*, n. 41 p. 399-407.
- ZACHARIADIS, T., NTZIACHRISTOS, L., SAMARAS, Z. (2001). "The effect of age and technological change on motor vehicle emissions", *Transportation Research Part D* 6.