

**PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS
GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (EDIÇÃO REVISADA):

***“A UTILIZAÇÃO DO ÔNIBUS A GÁS NATURAL COMPRIMIDO NA
FROTA DE ÔNIBUS URBANOS COMO ALTERNATIVA PARA A
REDUÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO”***

**AUTOR: FERNANDO TÁVORA HEITMANN
FERREIRA MACHADO
ORIENTADOR: PROF. DR. DAVID ZYLBERSTAJN**

SÃO PAULO, AGOSTO DE 1996

620.92:504.064
656.1
M149u
T-USP

A meus Pais

5/2/1971
1971
1971

1971

Sumário

A RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) tem a maior concentração de habitantes e constitui o pior caso de poluição atmosférica em todas as Regiões Metropolitanas do Brasil. Muitas medidas foram pensadas para a redução deste grave problema, causado principalmente pela frota de veículos.

Este trabalho objetivou analisar o ônibus a gás natural como alternativa para a redução da poluição atmosférica de origem veicular na RMSP.

O estudo estimou benefícios econômicos e ambientais decorrentes da substituição da atual frota de ônibus urbanos movidos a óleo diesel por uma nova frota de ônibus a óleo diesel, obedecendo aos limites de emissões do PROCONVE para 1996, ou por uma nova frota de ônibus a gás natural. Esta comparação considerou:

- Fatores de emissões de poluentes atmosféricos;
- O “estado da arte” do PROCONVE (Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos Automotores);
- Estimativa do “ganho ambiental” obtido através da adoção do gás natural como combustível da frota de ônibus urbanos da RMSP;
- A estimativa do período de retorno dos investimentos realizados para as duas alternativas, baseada em dados operacionais da atual frota a diesel da RMSP;

- Os pontos de vista dos agentes econômicos envolvidos nas atividades relacionadas ao gás natural veicular: Governos Federal, Estaduais e Municipais, proprietários de frotas de ônibus urbanos, distribuidores do gás natural, passageiros;
- A disponibilidade de gás natural para suprir a frota a gás na RMSP;
- A capacidade de resposta da indústria automobilística à demanda gerada pela substituição considerada;
- A estimativa dos impactos da substituição considerada na Balança Comercial do Brasil;
- A redução estimada da emissão de poluentes na RMSP, assim como uma estimativa de seu benefício monetário.

O estudo concluiu que o ônibus a gás é ambientalmente desejável no âmbito da RMSP. Entretanto, há necessidade de políticas bem definidas para garantir a sua viabilidade econômica.

ABSTRACT

The RMSP (Sao Paulo Metropolitan Area) has the largest concentration of inhabitants and is the worst case of air pollution in all Metropolitan Areas of Brazil. Many measures have been thought to reduce this major problem, that is mostly caused by its vehicle fleet.

This work's purpose was the analysis of the natural gas propelled bus as alternative for the reduction of vehicular air pollution within RMSP.

The study estimated economical and environmental benefits due to the substitution of the present diesel oil propelled conventional bus fleet of the RMSP by a new diesel oil propelled fleet, according the PROCONVE emission limits for 1996, and by a natural gas propelled fleet. This comparison has considered:

- Air pollutants emission factors;
- The “state of art” of PROCONVE (National Program for the Control of the Pollution Originated by Automotive Vehicles);
- Estimative of the “environmental gain” obtained trough the adoption of natural gas as the fuel of the urban bus fleet within RMSP;
- Estimated investments return period for both alternatives, based on operational data of the present diesel oil conventional bus fleet of the RMSP.

- The points of view of the economic agents involved in the activities related to natural gas for vehicles: Federal, State and City Governments, urban bus fleet owners, natural gas distributors, passengers;
- The availability of natural gas to supply an urban gas propelled bus fleet within RMSP;
- The capability of the automotive industry to respond to the new demand generated by the considered substitution;
- Estimated reduction of pollutants emission by vehicles within RMSP;
- Estimative of the impacts of the considered substitution in Brazil's Trade Balance;
- Estimated reduction of pollutants emission within RMSP, as well as an estimative of its monetary benefit.

The study concluded that the adoption of natural gas propelled bus in the urban bus fleet of RMSP is environmentally desirable within RMSP. However, there's a need of well defined politics in order to grant its economical viability.

NOMENCLATURA [4]

CO	- Monóxido de Carbono
HC	- Hidrocarbonetos
NO _x	- Óxidos de Nitrogênio
SO _x	- Óxidos de Enxofre
MP	- Material Particulado
AL	- Aldeídos
CFC	- Clorofluorcarbonos
ABEGÁS	- Associação Brasileira do Gás
ANFAVEA	- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
BR DISTRIBUIDORA	- Petrobrás Distribuidora S/A
EPA	- Environmental Protection Agency (USA)
CET	- Companhia de Engenharia de Tráfego (São Paulo)
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CMTCC	- Companhia Municipal de Transportes Coletivos (São Paulo)
CAPES	- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPQ	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
DNC	- Departamento Nacional de Combustíveis
EBTU	- Empresa Brasileira de Transportes Urbanos
FAPESP	- Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
GNC	- Gás Natural Comprimido
GNV	- Gás Natural Veicular
MBB	- Mercedes Benz do Brasil S/A
MINFRA	- Ministério da Infra-Estrutura
MME	- Ministério das Minas e Energia
PETROBRÁS	- Petróleo Brasileiro S/A
PROCONVE	- Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
RMSP	- Região Metropolitana de São Paulo
SINDICOM	- Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis
SNE	- Secretaria Nacional de Energia
SNT	- Secretaria Nacional dos Transportes
SP-TRANS	- São Paulo Transportes S/A

ÍNDICE

SUMÁRIO.....	ii
ABSTRACT.....	iv
NOMENCLATURA.....	vi
ÍNDICE.....	vii

CAPÍTULO I

O Contexto da Implementação do Ônibus a Gás na RMSP.....	1
--	---

CAPÍTULO II

Os Veículos e a Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo.....	5
2.1 Caracterização Geográfica e Econômica da RMSP	5
2.2 A Poluição Atmosférica: Aspectos Gerais.....	6
2.3 Classificação dos Principais Poluentes do Ar.....	8
2.4 Classificação Geral das Principais Fontes de Poluição Atmosférica..	9
2.5 Efeitos da Poluição do Ar Sobre a Saúde Humana.....	10
2.5.1 Monóxido de Carbono.....	10
2.5.2 Hidrocarbonetos.....	11
2.5.3 Óxidos de Nitrogênio.....	11
2.5.4 Óxidos de Enxofre.....	12
2.5.5 Material Particulado.....	12
2.5.6 Oxidantes Fotoquímicos.....	13
2.5.7 Aldeídos.....	14
2.5.8 Chumbo.....	15
2.5.9 Di-Bromo Etileno e Di-Cloro Etileno.....	15
2.6 Outros Efeitos da Poluição Atmosférica	17
2.6.1 Efeitos Sobre Certos Materiais.....	17
2.6.2 Efeitos Sobre as Propriedades da Atmosfera.....	19
2.6.3 Efeitos sobre a vegetação.....	21
2.7 Acompanhamento da Poluição Atmosférica na RMSP	23
2.7.1 Estimativas da CETESB para Fontes de Poluição do Ar na RMSP.....	26
2.7.2 Estimativas Ponderais para Fontes de Poluição do Ar na RMSP.....	29
2.8 Considerações Gerais Sobre os Fatores que Influem nas Emissões de Poluentes dos Veículos Automotores.....	33
2.8.1 Tipo de Motor do Veículo.....	33
2.8.1.1 Veículos com Motor Ciclo Otto.....	35
2.8.1.2 Veículos com Motor a Óleo Diesel.....	35
2.8.2 Velocidade do Fluxo de Tráfego.....	37

2.8.3	Tipo de Combustível Utilizado.....	38
2.8.3.1	Gasolina.....	38
2.8.3.2	Álcool Etílico Combustível.....	39
2.8.3.3	Óleo Diesel.....	39
2.8.4	Manutenção dos Veículos.....	40
2.8.5	Condições de Operação dos Veículos.....	42
2.9	O Controle da Poluição Veicular.....	43
2.9.1	O PROCONVE.....	43
2.9.1.1	Resultados do PROCONVE.....	47

CAPÍTULO III

	O Ônibus a Gás Natural Puro Como Alternativa Para a Redução da Poluição Atmosférica na RMSP.....	50
--	--	----

3.1	O Gás Natural: Origem e Utilização	50
3.2	Histórico do Ônibus a Gás.....	51
3.2.1	A Utilização de Combustíveis Gasosos para Uso Veicular.....	51
3.2.2	O Gás Natural Veicular: Experiências em Países Selecionados..	53
3.2.2.1	Itália.....	53
3.2.2.2	Dinamarca.....	55
3.2.2.3	Canadá.....	56
3.2.2.4	Estados Unidos.....	57
3.2.2.5	Argentina.....	58
3.2.2.6	Nova Zelândia.....	60
3.2.2.7	Outros Países.....	61
3.2.3	A Experiência Nacional com Gás Natural Veicular.....	63
3.2.3.1	Natal.....	65
3.2.3.2	Salvador.....	66
3.2.3.3	Aracaju.....	67
3.2.3.4	Recife.....	68
3.2.3.5	Rio de Janeiro.....	69
3.2.3.6	São Paulo.....	71
3.2.4	Situação Atual da Frota de Veículos a Gás no Brasil.....	75
3.3	Componentes do “Sistema Ônibus a Gás”.....	76
3.3.1	Veículos.....	76
3.3.2	Estações de Compressão e Abastecimento.....	77
3.3.3	Rede de Distribuição.....	81

CAPÍTULO IV

	Cenários para a Substituição da Atual Frota de Ônibus Urbanos da RMSP.....	85
--	--	----

4.1	Aspectos Econômicos da Utilização do Gás Natural nos Ônibus Urbanos.....	85
4.1.1	Estimativas para a Frota de Ônibus Urbanos da RMSP.....	85

4.1.2	Cálculo dos Valores Médios dos Veículos.....	91
4.1.2.1	Ônibus a Óleo Diesel.....	91
4.1.2.2	Ônibus a Gás Natural Comprimido.....	92
4.1.3	Hipóteses Adotadas para a Substituição da Frota de Ônibus a Óleo Diesel da RMSP.....	93
4.1.4	Disponibilidade de Gás Natural para o Abastecimento da Frota da RMSP.....	97
4.1.5	Cálculo da Economia de Divisas para o País: Economia na Importação de Barris de Petróleo para Refino.....	98
4.2	Aspectos Ambientais da Utilização do Gás Natural nos Ônibus Urbanos.....	99
4.2.1	A Necessidade de Novas Estimativas para os Fatores de Emissão dos Ônibus Novos a Óleo Diesel e a Gás Natural Comprimido.....	99
4.2.2	Cálculo dos Fatores de Emissão para os Veículos Novos a Óleo Diesel.....	101
4.2.2.1	Fator de Emissão para CO.....	103
4.2.2.2	Fator de Emissão para HC.....	103
4.2.2.3	Fator de Emissão para NO _x	104
4.2.2.4	Fator de Emissão para SO _x	104
4.2.2.5	Fator de Emissão para MP.....	104
4.2.3	Cálculo dos Fatores de Emissão para os Veículos Novos a Gás Natural Comprimido.....	105
4.2.3.1	Fator de Emissão para CO.....	105
4.2.3.2	Fator de Emissão para HC.....	106
4.2.3.3	Fator de Emissão para NO _x	106
4.2.3.4	Fatores de Emissão para SO _x e MP.....	107
4.2.4	Cenários Considerados para a Substituição da Atual Frota de Ônibus Urbanos da RMSP.....	108
4.2.5	Procedimento para a Quantificação Monetária do Benefício Ambiental.....	113
4.2.6	Cálculo da Economia de Emissões Anuais de Carbono com Base nos Cenários Apresentados para a RMSP.....	115

CAPÍTULO V

	Aspectos Institucionais Envolvidos na Utilização do Gás Natural na Frota de Ônibus Urbanos da RMSP.....	118
5.1	A Competência do Governo Federal para a Realização de Medidas de Incentivo ao Uso do GNV.....	119
5.2	A Competência dos Governos Estaduais para a Realização de Medidas de Incentivo ao GNV.....	125
5.3	A Competência dos Governos Municipais para a Realização de Medidas de Incentivo ao Uso do GNV.....	127
5.4	A Opinião dos Empresários do Ramo de Transportes Urbanos Coletivos por Ônibus Sobre a Adoção do GNV como	

Combustível da Frota de Ônibus da RMSP.....	133
5.5 A Opinião dos Usuários e dos Operadores dos Transportes Urbanos Coletivos por Ônibus Sobre a Adoção do GNV como Combustível dos Ônibus da RMSP.....	136
5.6 A Visão dos Distribuidores de GNV Sobre a Adoção do GNV como Combustível para a Frota de Ônibus da RMSP.....	138
5.7 O Mercado de Ônibus no Brasil e as Possibilidades de Atendimento à Demanda Potencial por Ônibus a Gás Natural Comprimido na RMSP.....	140
CAPÍTULO VI	
Conclusões.....	143
6.1 Aspectos Ambientais.....	143
6.2 Aspectos Econômicos.....	144
6.3 Fatores Institucionais.....	146
Referência Bibliográficas.....	148
ANEXO 1 Dados Técnicos do Motor M 366 G.....	153
ANEXO 2 Dados Técnicos do Ônibus Mercedes Benz a GNC.....	154
ANEXO 3 Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.....	155
ANEXO 4 Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar.....	156
ANEXO 5 Padrões de Qualidade do Ar Para o Estado de São Paulo....	157
ANEXO 6 Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar Para o Estado de São Paulo.....	158
ANEXO 7 Legislação Federal, Estadual e Municipal.....	159

CAPÍTULO I

O CONTEXTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO ÔNIBUS A GÁS NA RMSP

O objetivo deste trabalho é analisar a adoção do ônibus a gás natural comprimido em toda a frota de transporte urbano da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) como alternativa para a redução da poluição atmosférica nesta região.

Este estudo justifica-se pela situação crítica em termos de poluição do ar que a Região Metropolitana de São Paulo vive atualmente. Segundo a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), a maior parte das emissões de poluentes atmosféricos é originária dos escapamentos dos veículos, tendo os veículos movidos a óleo diesel (categoria a que pertence a maioria dos ônibus urbanos da RMSP) especial participação nas emissões totais de Óxidos de Nitrogênio e Óxidos de Enxofre, poluentes responsáveis por graves danos à saúde, no âmbito da RMSP.

Dentre as medidas que visam a redução da emissão de poluentes, afetando a RMSP, destaca-se o PROCONVE (Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores). Este programa, de alcance nacional, propõe a diminuição da poluição atmosférica através do

estabelecimento de limites para emissão de poluentes para os veículos novos que, gradativamente, substituiriam a frota existente.

O gás natural é considerado um combustível mais “limpo” do que o óleo diesel, com menor emissão comparativa de poluentes. O Governo Federal tenciona aumentar a participação do gás natural na matriz energética do país, dos 2% atuais para 10% no ano 2.000.

A escolha dos ônibus urbanos foi devida à sua expressiva participação no transporte coletivo na RMSP. O ônibus urbano é o principal meio de transporte coletivo da RMSP, e é responsável por milhões de deslocamentos diários.

A adoção do ônibus a gás em toda a frota de ônibus urbanos envolve dispêndio de bilhões de dólares na concretização de todos os elementos necessários para seu pleno funcionamento. Em se tratando de uma nova tecnologia, há necessidade de certeza absoluta sobre sua viabilidade técnica e econômica, visto que está em jogo a espinha dorsal do transporte coletivo da maior região metropolitana brasileira, responsável por expressiva geração da renda nacional.

Há também o contexto político da questão. Sem mencionar as esferas federal e estadual, há 39 municípios na RMSP, com administrações próprias, e com diferentes maneiras de visualizar a questão da política de transporte coletivo urbano.

Do ponto de vista do usuário, há a problemática questão das tarifas pagas pelo serviço de transporte urbano. A adoção do ônibus a gás tende a encarecer ou baratear a tarifa?

Na abordagem destas questões, este trabalho considera a possibilidade da substituição da atual frota de ônibus urbanos a óleo diesel da RMSP por uma nova frota de ônibus a óleo diesel (obedecendo aos limites atuais estabelecidos pelo PROCONVE para o ano de 1996) ou por uma nova frota de ônibus a gás natural comprimido. O estudo foi dividido em 6 capítulos.

O presente capítulo apresenta um painel geral sobre o contexto em que se situa a idéia da substituição da atual frota de ônibus movida a óleo diesel por uma nova frota de ônibus a óleo diesel, em conformidade com os limites estabelecidos pelo PROCONVE para 1996, ou por uma nova frota de ônibus urbanos a gás natural comprimido.

O segundo capítulo versa sobre o problema da poluição atmosférica na RMSP, descrevendo primeiramente suas fontes e efeitos sobre a população e o meio ambiente da RMSP, e tecendo considerações sobre a poluição causada pelos veículos automotores e os mecanismos existentes para o seu controle.

No terceiro capítulo, analisa-se o ônibus a gás natural comprimido como alternativa para a redução da poluição atmosférica no âmbito da RMSP. São abordados tanto o histórico das experiências com gás natural veicular (no Brasil e em países selecionados) quanto as características do "Sistema Ônibus a Gás".

O quarto capítulo considera a possibilidade da substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por uma frota de ônibus 100% a gás natural comprimido ou por uma frota de ônibus novos 100% a óleo diesel,

obedecendo aos limites do PROCONVE para o ano de 1996, contendo a estimativa dos custos e dos benefícios econômicos e ambientais comparados entre as duas alternativas mencionadas.

O quinto capítulo apresenta os aspectos institucionais que permeiam a experiência do Gás Natural Veicular (GNV) em ônibus urbanos, sob o ponto de vista dos diversos agentes econômicos envolvidos: esferas de Governo, empresários de ônibus urbanos, distribuidores de GNV, fabricantes de ônibus e passageiros. São apresentadas, também, sugestões para a viabilização do GNV nas condições propostas, bem como outras medidas que poderiam ser tomadas, concomitantemente, para a manutenção da qualidade ambiental na RMSP, em termos de redução das emissões atmosféricas.

O sexto capítulo apresenta a conclusão do estudo. Aprecia-se a fundamentação temática desenvolvida sob a ótica econômica, ambiental e institucional, procurando responder à questão: o gás natural na frota de ônibus urbanos da RMSP é viável?

CAPÍTULO II

OS VEÍCULOS E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Para que se possa compreender o contexto em que está situada a idéia da implantação do ônibus a gás como alternativa ao ônibus a óleo diesel na Região Metropolitana de São Paulo, faz-se necessário um estudo prévio da poluição atmosférica incidente sobre a RMSP. Esta abordagem é desenvolvida no presente Capítulo.

2.1 Caracterização Geográfica e Econômica da RMSP

Em 1973, a Lei Federal Nº 14 formalizou a criação da RMSP, uma área de 8.051 km² que abriga 39 municípios, contando com cerca de 15,4 milhões de habitantes em 1991 [1]. Esta é a maior concentração populacional do Brasil.

Geograficamente, a RMSP está situada em um compartimento rebaixado do Planalto Atlântico, conhecido como Bacia Sedimentar de São Paulo. Esta área, cortada pelo Trópico de Capricórnio, possui

topografia caracterizada por colinas de 650 metros a 1.200 metros de altitude [2].

Em termos econômicos, esta Região constitui a principal praça financeira, industrial e mercantil do País, sendo a mais moderna e diversificada. Concentra cerca de 10% da população brasileira em uma área correspondente a menos de um milésimo do território nacional, gerando uma renda correspondente a 53% do Produto Interno Bruto do Estado e a 17% do Produto Interno Bruto brasileiro [3].

Esta expressiva concentração populacional e econômica enfrenta graves problemas, tais como a distribuição desigual da renda, a violência urbana, o trânsito caótico e a poluição do ambiente, que trazem a deterioração da qualidade de vida dos seus habitantes. O enfoque deste estudo é a poluição atmosférica.

2.2 A Poluição Atmosférica: Aspectos Gerais

A Terra é coberta por uma camada gasosa de cerca de 800 km de espessura, composta por nitrogênio (78,1%), oxigênio (20,9%) e uma pequena parcela (1%) de vapor d'água, dióxido de carbono e gases residuais. Esta camada de ar tem importância fundamental para a manutenção da vida no planeta: basta mencionar, a título de exemplo, que o próprio ser humano não pode sobreviver por mais de 5 minutos sem ar [4].

É considerada poluente do ar “qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa tornar este ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora, ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” [2].

As atividades econômicas desenvolvidas pelo homem, aliadas a fontes naturais de poluentes e a reações químicas que ocorrem na atmosfera, lançam no ar diversos poluentes.

A poluição atmosférica, além de reduzir as condições de visibilidade, traz enorme prejuízo à saúde das pessoas, sendo responsável pelo agravamento de doenças cardíacas e respiratórias. Ocasionalmente, indiretamente, a morte de milhares de pessoas por ano, milhões de dias de trabalho perdidos e aumento dos gastos públicos e particulares na área da Saúde, devido a internações, tratamentos, medicamentos e outras despesas assemelhadas. Afeta também as plantas, podendo diminuir o processo da fotossíntese, e há evidências de que está contribuindo para a elevação gradual da temperatura da Terra (efeito estufa).

É importante ressaltar que as condições meteorológicas afetam a dispersão dos poluentes. Esta é a explicação para o agravamento do problema da poluição atmosférica nos meses de inverno, quando ocorre o fenômeno chamado “inversão térmica”.

2.3 Classificação dos Principais Poluentes do Ar

Os poluentes do ar são em número bastante variado, o que dificulta sua classificação. Uma primeira abordagem da ordenação das classes de poluentes diz respeito às fontes de emissão: poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão, ao passo que poluentes secundários são aqueles que se originam na atmosfera, decorrentes das reações químicas entre os poluentes primários e os elementos da natureza.

Algumas substâncias, consideradas poluentes da atmosfera, foram consagradas universalmente como indicadoras da qualidade do ar, em virtude de sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos que acarretam ao meio ambiente. Desse modo, classificam-se estas substâncias poluentes nas seguintes categorias [2]:

- Compostos de Enxofre (SO_2 , SO_3 , H_2S , Sulfatos);
- Compostos de Nitrogênio (NO , NO_2 , NH_3 , HNO_3 , Nitratos);
- Compostos Orgânicos de Carbono (Hidrocarbonetos, Álcoois, Aldeídos, Cetonas, Ácidos Orgânicos);
- Monóxido de Carbono e Dióxido de Carbono;
- Compostos Halogenados (HCl , HF , Cloretos, Fluoretos);
- Material Particulado (mistura de compostos no estado sólido ou líquido).

Em relação ao último item, a classificação adotada refere-se ao estado físico do material, ao passo que os outros itens adotam uma classificação química.

De uma forma geral, é necessário escolher determinados poluentes para medição sistemática da qualidade do ar, tendo em vista a sua frequência, efeitos adversos sobre o meio ambiente e a limitação dos recursos materiais e humanos disponíveis para o processo de aferição da qualidade do ar.

2.4 Classificação Geral das Principais Fontes de Poluição Atmosférica

As principais fontes de poluição atmosférica encontram-se classificadas na tabela 1.

TABELA 1: Principais Fontes de Poluição do Ar e Principais Poluentes

FONTE	POLUENTES
COMBUSTÃO	material particulado, Dióxido de Enxofre, 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, Hidrocarbonetos, Mercaptanas, IIF, H ₂ S, NO _x)
QUEIMA DE RESÍDUO SÓLIDO	material particulado, Gases (SO ₂ , SO ₃ , HCL, NO _x)
OUTROS	Hidrocarbonetos, material particulado
VEÍCULOS A GASOLINA, ÓLEO DIESEL, ÁLCOOL, AVIÕES, BARCOS, MOTOCICLETAS, LOCOMOTIVAS, ETC.	material particulado, Monóxido de Carbono, Óxidos de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonetos, Aldeídos, Ácidos Orgânicos
FONTES NATURAIS	material particulado (poeiras), Gases (SO ₂ , H ₂ S, CO, CO, NO ₂), Hidrocarbonetos
REAÇÕES QUÍMICAS NA ATMOSFERA Ex: Hidrocarbonetos mais Óxidos de Nitrogênio (luz solar)	Poluentes Secundários (O ₃), Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos Orgânicos, Aerosol Fotoquímico, etc.

FONTE: [2].

2.5 Efeitos da Poluição do Ar Sobre a Saúde Humana

2.5.1 Monóxido de Carbono

O monóxido de carbono possui 210 vezes mais afinidade com a hemoglobina do sangue do que o oxigênio, formando a carboxi-hemoglobina, de completa inutilidade para o organismo, e responsável pela redução da oxigenação dos tecidos do corpo, o que pode causar a morte por asfixia. Como a reação de liberação do CO é lenta e necessita de condições especiais para ocorrer, pode-se dizer que este poluente praticamente inutiliza as hemoglobinas.

Os efeitos fisiológicos da exposição ao monóxido de carbono dependem da quantidade de hemoglobina comprometida. Foi comprovado, experimentalmente, que baixos níveis de carboxihemoglobina podem ocasionar diminuição dos reflexos, da acuidade visual e da capacidade de estimativa de intervalos de tempo por parte do indivíduo exposto. O nível de CO tem sido apontado como causa adicional de acidentes de tráfego. Por outro lado, baixas concentrações de CO no ar prejudicam pessoas anêmicas e com problemas respiratórios e circulatórios, pois acarretam transtornos ao sistema nervoso central, sistema cárdio-vascular, pulmonar e outros [2] [4].

2.5.2 Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos causam irritação dos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior. Juntamente com os óxidos de nitrogênio, participam da formação dos oxidantes fotoquímicos na atmosfera.

Alguns hidrocarbonetos aromáticos foram considerados carcinogênicos e mutagênicos. Os hidrocarbonetos parafínicos causam efeito narcotizante e leve irritação da mucosa.

2.5.3 Óxidos de Nitrogênio

Correspondem ao NO, NO₂ e ao Óxido Nitroso. Ainda não há comprovação científica de que o NO, nas concentrações em que se encontra nas cidades, seja nocivo à saúde. Quanto ao NO₂, origina-se da oxidação do NO em dias de intensa radiação, sendo altamente tóxico aos seres humanos, aumentando-lhes a susceptibilidade às infecções respiratórias e demais problemas do sistema respiratório. É capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo originar as nitrosaminas (algumas das quais com propriedades carcinogênicas), além de irritar as mucosas, provocando uma espécie de enfisema pulmonar.

2.5.4 Óxidos de Enxofre

O principal poluente desta categoria é o Dióxido de Enxofre, que penetra profundamente no sistema respiratório, acarretando aumento da secreção mucosa nas vias respiratórias superiores, inflamações graves da mucosa e redução do movimento ciliar no trato respiratório, o qual responde pela remoção do muco e de partículas estranhas. Além disso, pode ocasionar o aumento da incidência de rinite, faringite e bronquite. Há evidências de que este poluente acarreta doenças respiratórias e agrava as já existentes. Também há indicação de que exposições prolongadas a baixas concentrações de dióxido de enxofre têm correlação com o aumento da morbidade cardiovascular em pessoas idosas.

2.5.5 Material Particulado

Quanto a este poluente, em primeiro lugar é necessário reconhecer que, não sendo este parâmetro um composto químico definido, há necessidade de defini-lo, em termos físicos, como poeira total em suspensão, com diâmetro inferior a 100 micra.

Os efeitos fisiológicos do material particulado dependem do tamanho da partícula inalada, pois as chamadas partículas grossas (com diâmetro superior a 10 micra) são retidas no trato respiratório superior, ao passo que as chamadas partículas finas (com diâmetro inferior a 10 micra)

penetram mais profundamente no sistema respiratório, atingindo até os alvéolos pulmonares. Em maio de 1994, o Professor Associado da Faculdade de Medicina da USP Paulo Hilário Nascimento Saldiva defendeu tese de doutorado concluindo que a poluição dos veículos automotores, em geral, e o material particulado, em particular, é co-responsável pelo câncer de pulmão. Foram simuladas com ratazanas e camundongos as consequências da poluição atmosférica, expondo-se estes animais a regiões com altas taxas de poluentes (como o centro do município de São Paulo) e regiões com baixas taxas de poluentes (Atibaia): os animais expostos à poluição do centro de São Paulo apresentaram taxas muito maiores de tumores malignos do que os que foram expostos à atmosfera de Atibaia. Entretanto, não se pode afirmar, categoricamente, que o mesmo ocorra com os seres humanos, devido a fatores interferentes, a exemplo da exposição alternada a locais poluídos e não poluídos, consumo de cigarros e desnutrição [5].

2.5.6 Oxidantes Fotoquímicos

Os oxidantes fotoquímicos podem ser definidos como a mistura de poluentes secundários que se originam da reação dos hidrocarbonetos e dos óxidos de nitrogênio, com presença da luz solar. O principal representante desse grupo de poluentes é o gás ozônio (O_3) que, por este

motivo, tem sido utilizado como parâmetro para a aferição desta classe de poluentes.

Destacam-se como efeitos fisiológicos dos oxidantes fotoquímicos a irritação dos olhos e a redução da capacidade pulmonar, com diminuição da capacidade de executar exercícios e agravamento de doenças respiratórias.

Estudos realizados em animais concluíram que o ozônio pode provocar danos na estrutura pulmonar, envelhecimento precoce e redução da capacidade de resistência a infecções respiratórias.

A redução da poluição causada pelos oxidantes fotoquímicos na atmosfera pode ser obtida através do controle dos Óxidos de Nitrogênio e os Hidrocarbonetos.

2.5.7 Aldeídos

Os Aldeídos são substâncias precursoras de reações fotoquímicas que originam oxidantes (ozona, peróxidos, peroxinitratos) e monóxido de carbono. Sua emissão é maior nos veículos a álcool (quatro vezes mais) quando comparados aos veículos a gasolina. Causam irritação dos olhos, nariz e garganta [6].

2.5.8 Chumbo

O Chumbo acumula-se nos ossos e nos dentes, produzindo também danos nos sistemas biológicos, principalmente em crianças. Sua atuação afeta o mecanismo de comunicação das células do sistema nervoso e do cérebro, causando a doença chamada classicamente de “Saturnismo” [7] [8].

2.5.9 Di-Bromo Etileno e Di-Cloro Etileno

Estes poluentes são altamente tóxicos e carcinogênicos.

Existem estudos indicando que pode ser esperado que os riscos associados a certos poluentes originários do escapamento dos veículos a diesel, a exemplo do SO_x , NO_x , CO e, possivelmente, material particulado, possam ser qualitativamente similares àqueles associados com os mesmos poluentes provenientes de outras fontes [9].

As próximas tabelas refletem os efeitos dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana. A tabela 2 reflete os efeitos das partículas não tóxicas, a tabela 3 os efeitos da Ozona, a tabela 4 do Dióxido de Nitrogênio, a tabela 5 do Dióxido de Enxofre, a tabela 6 do Monóxido de Carbono e a tabela 7 reflete os efeitos dos Oxidantes Fotoquímicos.

TABELA 2: Partículas Não Tóxicas

CONCENTRAÇÃO DAS PARTÍCULAS (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EFEITOS
2.000 g/m^3 com 0,4 ppm de SO_x (média de 24 horas) vários dias de episódio	Aumento de mortes causadas por bronquites
1.000 g/m^3 com 0,25 ppm de SO_x durante episódios	Aumento da mortalidade devida a doenças respiratórias e cardíacas
300 g/m^3 com 0,21 ppm SO_x (média de 24 horas)	Aumento na frequência e gravidade das doenças do trato respiratório
130 g/m^3 com SO_x (média anual)	Aumento de incidência de bronquites
100-200 g/m^3 com 0,05 a 0,08 ppm de SO_x (média dos níveis da estação)	Aumento de incidência de bronquites

FONTE: [4].

TABELA 3: Ozona

CONCENTRAÇÃO DE OZONA (em ppm)	EFEITOS
0.10 (1 hora)	Dificuldade de respirar
0.30 (8 horas)	Irritação no nariz, garganta e dores no peito
2.00 (2 horas)	Tosse muito forte

FONTE: [4].

TABELA 4: Dióxido de Nitrogênio

CONCENTRAÇÃO DO NO_x (em PPM)	EFEITOS
150 ppm (5/8 minutos)	Potencialmente fatal
50 a 100 ppm (1 hora)	Pode causar broncopneumonia, com provável recuperação
10 a 40 ppm (exposição intermitente)	Pode causar fibrose crônica e enfisema pulmonar
0.05 a 0.10 ppm (exposição crônica)	Evidências de aumento de bronquite crônica
0.05 ppm (exposição longa)	Evidências de aumento de doenças do pulmão e coração

FONTE: [4].

TABELA 5: Dióxido de Enxofre

CONCENTRAÇÃO DE SO_x (em PPM)	EFEITOS
0.52 com particulados (média de 24 horas)	Aumento da mortalidade
0.25 com material particulado (3 a 4 dias: média de 24 horas)	Aumento da mortalidade
0.25 com particulados (3 a 4 dias: média de 24 horas)	Aumento de doenças nos idosos
0.19 com baixa concentração de particulados	Aumento da mortalidade
0.11 a 0.19 com baixa concentração de particulados (vários dias de episódio)	Aumento de internações
0.037 a 0.092 com material particulado (exposição crônica)	Aumento de problemas respiratórios e doenças do pulmão

FONTE: [4].

TABELA 6: Monóxido de Carbono

CONCENTRAÇÃO (em ppm)	EFEITOS
0.10 (30 minutos)	Irritação nos olhos
0.13 (24 horas)	Agravamento de doenças respiratórias
0.03 a 0.30 (1 hora)	Diminuição de performance física
0.09 (1 hora)	Diminuição da capacidade respiratória

FONTE: [4].

TABELA 7: Oxidantes Fotoquímicos

CONCENTRAÇÃO DE CO (em ppm)	EFEITOS
Concentrações maiores que 100 ppm (10 minutos)	Stress fisiológico em pacientes com doenças do coração
100 ppm (intermitente)	Diminuição de desempenho em teste psicomotor
50 ppm (para 90 minutos)	Diminuição no intervalo de tempo de discriminação para não fumantes
30 ppm (acima de 12 horas)	Carbono elevado nos níveis de hemoglobina com redução do transporte de oxigênio

FONTE: [4].

2.6 Outros Efeitos da Poluição Atmosférica

2.6.1 Efeitos Sobre Certos Materiais

Existem diversos mecanismos de ação dos poluentes atmosféricos sobre materiais:

- Abrasão: causada por partículas sólidas de tamanho suficiente e transportadas em alta velocidade;
- Deposição e remoção: causada por partículas sólidas e líquidas que se depositam sobre superfícies;

- Ataque químico direto: por exemplo, embaçamento da prata pelo gás sulfídrico e destruição de superfícies metálicas pela ação de névoas ácidas;
- Ataque químico indireto: por exemplo, o dióxido de enxofre absorvido pelo couro é convertido em ácido sulfúrico, que deteriora o couro;
- Corrosão eletroquímica: é o mecanismo principal de deterioração de metais ferrosos.

TABELA 8: Danos a Vários Materiais Causados Pela Poluição do Ar

TIPO DE MATERIAL	MANIFESTAÇÃO TÍPICA DO DANO	MEDIDA DE DETERIORAÇÃO	POLUENTE DANIFICANTE	OUTROS FATORES AMBIENTAIS
Vidro	Alteração da aparência da superfície	Refletância	Substâncias ácidas	Umidade
Metais	Danificação da superfície; perda de metal; embaçamento	Ganho de peso; redução da resistência; perda de peso; alteração da condutividade	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Umidade; temperatura
Materiais de Construção	Descoloração; dissolução, carbonato	Usualmente não medido em termos quantitativos	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas; partículas pegajosas	Umidade
Pintura	Descoloração	Usualmente não medido em termos quantitativos	Dióxido de enxofre; gás sulfídrico; partículas pegajosas	Umidade; fungos
Couro	Desintegração da superfície; enfraquecimento	Perda da resistência	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	-
Papel	Torna-se quebradiço	Diminuição da resistência ao dobramento	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Luz solar
Tecidos	Redução da resistência à tensão; formação de manchas	Perda da resistência da tensão	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Umidade; luz solar; fungos
Corantes	Desbotamento	Refletância	Dióxido de nitrogênio; oxidantes; dióxido de enxofre	Luz solar; umidade
Borracha	“Cracking”; enfraquecimento	Perda da elasticidade	Oxidantes; ozona	Luz solar

FONTE: PETROBRÁS.

2.6.2 Efeitos Sobre as Propriedades da Atmosfera

Existem vários efeitos causados pela poluição do ar sobre as propriedades atmosféricas:

- Redução da visibilidade: é a primeira indicação para as pessoas da existência de poluição atmosférica. Ocorre devido à dispersão de luz por partículas sólidas e líquidas suspensas na atmosfera, e depende do tamanho, concentração e características físicas das partículas poluentes presentes.
- Formação de neblinas: nas cidades com problemas de poluição do ar, registra-se maior ocorrência de neblinas. A presença das substâncias poluentes também acarreta maior duração das neblinas.
- Condições de radiação urbana: a poluição do ar ocasiona a diminuição da radiação solar incidente. Os comprimentos de onda mais curtos (a exemplo da radiação ultravioleta) são mais afetados que os comprimentos de onda mais longos (a exemplo da radiação infravermelha). Há excessiva perda de radiação ultravioleta, necessária para a síntese da vitamina natural “D” no corpo humano.
- “Efeito estufa”: o dióxido de carbono (CO_2) constitui um componente natural da atmosfera. Atualmente, sua concentração é de aproximadamente 350 ppm. Juntamente com outros gases que também estão presentes em pequenas quantidades na atmosfera, como o metano (CH_4), o ozônio (O_3), o óxido nitroso (N_2O) e os clorofluorcarbonos,

desempenha um importante papel na determinação da temperatura do planeta. O “efeito estufa” caracteriza-se pela transparência inicial desses gases à passagem da radiação solar incidente sobre a Terra (exceto aquela refletida sobre as nuvens e partículas), e pelo posterior bloqueio e absorção de grande parte da energia que é refletida pela atmosfera e pela superfície terrestre sob a forma de radiação infravermelha. É considerado uma pré-condição para a existência do homem e a maioria dos seres vivos. Caso não houvesse substâncias como o CO₂ na atmosfera para absorver a radiação infravermelha, a temperatura média ao nível do solo atingiria 18 graus Célsius negativos [10].

O aumento da concentração do CO₂ foi de cerca de 30% entre o período anterior à Revolução Industrial e a atualidade. Acredita-se, no meio científico, que o “Efeito Estufa” seja uma consequência da utilização em larga escala dos combustíveis fósseis, a partir do século XIX. Seu efeito é o aumento gradual da temperatura da Terra (estimado em 0,3 a 0,7 graus célsius entre 1850 e 1990), que pode acarretar, a médio e longo prazos, grandes mudanças climáticas, resultando em catástrofes em escala planetária, como a inundação de cidades litorâneas em decorrência do degelo das calotas polares. Em 1990, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas calculou que seria necessária uma redução de mais de 60% nas emissões de CO₂ para estabilizar as concentrações atmosféricas aos níveis de 1990. Reduções

de 70 a 85% para CFC, de 70 a 80% para o N_2O e de 15 a 20% para CH_4 também seriam necessárias [10].

Uma das soluções propostas para se atingir este objetivo é o maior uso do gás natural combustível, em substituição aos demais combustíveis fósseis, notadamente em frotas cativas como ônibus urbanos.

2.6.3 Efeitos Sobre a Vegetação

A seguir fala-se sobre os efeitos da poluição do ar sobre a vegetação:

- Redução da capacidade fotossintetizante: ocorre devido à redução da penetração da luz nas folhas, causada por deposição de poluentes ou através da redução da incidência de radiação solar na atmosfera.
- Penetração de poluentes pelas raízes e alterações das características do solo: ocasionada por deposição de poluentes no solo através de sedimentação ou por carreamento provocado pelas chuvas.
- Penetração dos poluentes através dos estômatos das plantas: os estômatos são pequenos poros na superfície das plantas, encontrados geralmente na face interior das folhas. São responsáveis pela quase totalidade da troca de gases (O_2 e CO_2) da planta com a atmosfera.

Poluentes gasosos podem entrar pelos estômatos, prejudicando o referido mecanismo de troca gasosa da planta.

A tabela 9 mostra os efeitos da poluição do ar sobre a vegetação.

TABELA 9: Efeitos da Poluição do Ar Sobre a Vegetação

POLUENTES	SINTOMAS CARACTERÍSTICOS	MÍNIMA CONCENTRAÇÃO PARA DANO		
		ppm (vol)	g/m ³	TEMPO DE EXPOSIÇÃO
Dióxido de Enxofre	Manchas esbranquiçadas, áreas descoloridas entre veias, clorose (amarelamento)	0.3	785	8 horas
Ozono	Marcas esbranquiçadas, pigmentação. As pontas das coníferas tornam-se amarronzadas e necróticas	0.03	59	4 horas
Nitrato de Peroxiacetila	Espelhamento, prateamento ou bronzamento na parte inferior das folhas	0.01	56	6 horas
Dióxido de Nitrogênio	Lesões irregulares, brancas ou marrons, no tecido intercostal e próximas à margem das folhas	2.5	4.700	4 horas
Fluoreto de Hidrogênio	Queimaduras nas pontas e nas margens, diminuição do crescimento, abcesso na folha, faixa estreita vermelha amarronzada separa áreas necrosadas do tecido verde	0.1 ppb	0.08	5 semanas
Etileno	Necrose de parte do cálice em orquídeas, anormalidades nas folhas, queda de flores e falta de abertura das folhas: abcesso	0.05	58	6 horas
Cloro	Branqueamento entre veias nas folhas, queimadura nas pontas e margens, abcesso nas folhas, danos similares ao da ozona	0.10	296	2 horas
Amônia	Aparência verde forte, tornando-se marrom ou verde comum ao secar. Pode ocorrer escurecimento geral em algumas espécies	-20	-14.000	4 horas
Ácido Clorídrico	Necrose tipo ácida, queimadura de pontas em algumas espécies, necrose da margem de folhas de plantas tipo folhas largas	-5 -10	-11.200	2 horas
Gás Sulfídrico	Chamuscamento dorsal e marginal	20	28.000	5 horas
Ácido Sulfúrico	Pontos necróticos na superfície superior da folha, similar a lesões de compostos ácidos ou básicos	-	-	-

FONTE: [4].

2.7 Acompanhamento da Poluição Atmosférica na RMSP

Nos aglomerados urbanos, as principais fontes de poluição do ar são os veículos automotores e outras fontes móveis, processos industriais de extração e transformação ou geração de calor industrial, queima de resíduos e as operações de transporte, estocagem e transferência de combustíveis e outros poluentes voláteis.

Observa-se que, nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Salvador, Porto Alegre e Curitiba o problema da poluição atmosférica tem aumentado nos últimos anos. Estas regiões, somadas, possuíam uma população aproximada de 40 milhões de habitantes em 1991 [11].

O caso da RMSP, com cerca de 5.000 km² de área urbana, é crítico, com a ocorrência de episódios agudos de poluição atmosférica. Dessa forma, faz-se necessário um constante acompanhamento da qualidade do ar nesta região. Este acompanhamento vem sendo realizado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), através de uma rede de monitoramento do ar. Este sistema entrou em operação em 1973 para medição dos teores de dióxido de enxofre, tendo abrangido, desde 1976, a medição dos níveis de monóxido de carbono e, desde 1983, o monitoramento das partículas em suspensão na RMSP e em Cubatão (município industrial com 162 km² de área e população aproximada de 100.000 habitantes em 1991, com qualidade do ar seriamente comprometida) [2].

Os objetivos do monitoramento da qualidade do ar contemplam:

- O fornecimento de dados que possam indicar risco à Saúde Pública, para que ações de emergência sejam implementadas;
- A avaliação dos dados comparada aos limites estabelecidos para a preservação da Saúde Pública;
- O acompanhamento das tendências e das mudanças da qualidade do ar em virtude de alterações nas emissões de poluentes.

Em 1981 foi instalada uma rede automática de monitoramento do ar, composta por 25 estações fixas de amostragem e 2 laboratórios móveis, para medição da poeira em suspensão, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, direção e velocidade do vento, umidade e temperatura. Vinte e duas estações fixas estão situadas na RMSP e três em Cubatão. A partir dos dados fornecidos por estas estações, é possível preparar o Índice de Qualidade do Ar, inspirado no “PSI” (Pollutant Standard Index), que foi desenvolvido nos Estados Unidos pela EPA (Environmental Protection Agency), o qual estabelece as seguintes situações para a qualidade do ar na RMSP: boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica. Em 1990, em função da Resolução CONAMA Nº 3 de 28/06/90, foram introduzidos na estrutura do índice os parâmetros partículas inaláveis, material particulado e dióxido de nitrogênio.

A CETESB também vem desenvolvendo todos os anos, nos meses de maio a setembro (quando há menor dispersão dos poluentes), a chamada “Operação Inverno na RMSP e em Cubatão”, que constitui um conjunto de ações preventivas que visam proteger a saúde da população contra episódios agudos da poluição do ar. Em 1994, do total de dias em que os estados de atenção (80 dias) ou emergência (1 dia, em Cubatão) foram atingidos, os níveis excessivos de CO ocasionaram 18 dias (Atenção) e os níveis excessivos de Partículas Inaláveis ocasionaram 72 dias (Atenção) e 1 dia (Emergência) [12].

No inverno de 1995, a CETESB, em conjunto com a Prefeitura Municipal e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, programou uma campanha para diminuir a poluição atmosférica oriunda da circulação de veículos na Capital. A proposta consistiu em estabelecer que os automóveis particulares deveriam ser deixados em casa pelo menos um dia por semana, com redução esperada de 20% do tráfego desta categoria de veículos. A escolha da parcela da frota que não deveria circular foi feita através do último dígito constante da chapa dos veículos. A campanha não abrangeu os finais de semana, e não foi aplicada para os táxis, veículos de carga e ônibus urbanos. O índice de adesão à campanha, por parte dos motoristas, diminuiu de 45%, no primeiro dia, para 35%, em média, no 4^o e 5^o dias [13].

Em 1996 esta Campanha terá início em 05/08, com a mesma abrangência da anterior, e com a inovação de multa de cerca de US\$ 100 para os infratores do “Rodízio”.

2.7.1 Estimativas da CETESB para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990

A CETESB estimou a emissão de poluentes do ar pelas suas fontes na RMSP, em 1990, seguindo os seguintes parâmetros [2]:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Hidrocarbonetos (HC);
- Óxidos de Nitrogênio (NO_x);
- Óxidos de Enxofre (SO_x);
- Material Particulado.

A tabela 10 reflete as estimativas de emissão para fontes de poluição do ar na RMSP - 1990.

TABELA 10: Estimativas de Emissão Para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990 (em toneladas/mês)

FONTES CLASSE DE VEÍCULO	POLUENTES				
	CO	HC	NO _x	SO _x	PARTICULAS
a gasolina (escapamento)	69.583	6.475	2.408	375	358
a álcool (escapamento)	14.333	1.192	833	0	0
a óleo diesel (escapamento)	18.167	2.967	13.250	6.083	825
motocicletas(escapamento)	2.667	508	18	22	9
táxi	4.333	383	183	11	13
TOTAL VEÍCULOS (escapamento)	109.082	11.525	16.692	6.491	1.205
emissão evaporativa	0	3.958	0	0	0
emissão do cárter	0	883	0	0	0
pneus	0	0	0	0	533
oper. de transferência (2)	0	908	0	0	0
operações de proc. industr. (3)	3.217(750)	1.000 (800)	1.167 (740)	3.667(730)	3.667 (883)
queima ao ar livre	3.667	1.167	250	30	1.000
TOTAL	115.967	19.442	18.109	10.188	6.406

FONTE: [2].

- (1) Veículos Pesados.
 (2) Operações de transferência referem-se à comercialização de gasolina.
 (3) Os números entre parênteses referem-se à quantidade de indústrias inventariadas.

A tabela 11 reflete as estimativas para fontes de poluição do ar na RMSP - 1990.

TABELA 11: Estimativas de Emissão Para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990 (em porcentagem)

FONTES CLASSE DE VEÍCULO	POLUENTES				
	CO	HC	NO _x	SO _x	PARTÍCULAS
a gasolina (escapamento)	60.00	33.30	13.30	3.68	5.59
a álcool (escapamento)	12.36	6.13	4.60	0.00	0.00
a óleo diesel (escapamento) (1)	15.67	15.26	73.17	59.71	12.88
motocicletas (escapamento)	2.30	2.61	0.10	0.21	0.14
táxi	3.74	1.97	1.01	0.11	0.21
TOTAL VEÍCULOS (ESCAPAMENTO)	94.06	59.28	92.18	63.71	18.81
emissão evaporativa	0.00	20.36	0.00	0.00	0.00
emissão do cárter	0.00	4.54	0.00	0.00	0.00
pneus	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33
oper. de transferência (2)	0.00	4.67	0.00	0.00	0.00
operações de proc. industr. (3)	2.77 (750)	5.14 (800)	6.44 (740)	35.99 (730)	57.24 (883)
queima ao ar livre	3.16	6.00	1.38	0.29	15.61
TOTAL: (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

FONTE: [2].

- (1) Veículos Pesados.
 (2) Operações de transferência referem-se à comercialização de gasolina.
 (3) Os números entre parênteses referem-se à quantidade de indústrias inventariadas.

A última estimativa disponível para as emissões atmosféricas na RMSP refere-se ao ano de 1990. A análise da tabela 10, de estimativa de emissão de poluição do ar na RMSP por suas fontes (em toneladas/mês), indica que os veículos são responsáveis pela maior parte das emissões.

Estas mesmas estimativas, expressas em termos percentuais (tabela 11), indicam que as emissões oriundas dos escapamentos dos veículos são responsáveis pela maior parte das emissões para cada categoria de poluente. A exceção é o material particulado, cuja maior fonte de poluentes é a operação de processos industriais. Através da análise da tabela 11 conclui-se que os escapamentos dos veículos originam 94,06% das emissões de CO, 59,28% das emissões de HC, 92,18% das emissões de NO_x, 63,71% das emissões de SO_x e 18,81% das emissões de material particulado. Em termos de contribuição para a poluição na RMSP, na categoria dos veículos sobressaem-se os veículos a gasolina como maiores emissores de CO (60%) e HC (33,30%), e os veículos movidos a óleo diesel como maiores emissores de NO_x (73,17%) e SO_x (59,71%). Apesar da contribuição dos veículos movidos a óleo diesel para a emissão de material particulado ser de apenas 12,88%, deve-se considerar que a emissão desta classe de poluente pelos veículos é realizada onde há maior concentração de pessoas e menor possibilidade de rápida dispersão do material, ao contrário do que ocorre com as chaminés industriais, por sua vez responsáveis por 57,24% do total de emissões de material particulado na RMSP.

2.7.2 Estimativas Ponderais para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990

Dada a diferença dos efeitos fisiológicos causados por cada categoria de poluentes, não é possível compará-los em termos de quantidades emitidas (como por exemplo, em toneladas/mês).

Para contornar este problema, foi proposta a adoção de fatores ponderais, que podem ser definidos como índices que levam em conta o efeito biológico de cada poluente, permitindo a comparação entre eles.

É importante ressaltar que os índices ponderais aqui descritos devem ser utilizados com ressalvas, eis que a pesquisa bibliográfica sobre os mesmos concentrou-se num trabalho de 1987, que fazia referência a outro estudo datado de 1975, contendo os referidos índices.

Todos os esforços envidados para localizar o trabalho original sobre os índices ponderais, com o intuito de acessar a sua concepção metodológica e a aplicabilidade dos mesmos para o caso da RMSP, revelaram-se infrutíferos.

Assim sendo, considera-se que, em virtude da ausência da metodologia mencionada, a utilização dos índices ponderais, constantes da tabela 12, não representa a realidade vivida pela RMSP no tocante à emissão de poluentes, mas, na melhor das hipóteses, uma aproximação desta realidade.

A tabela 12 mostra os Fatores Ponderais de Efeito dos Principais Contaminantes em Emissões Veiculares.

TABELA 12: Fatores Ponderais de Efeito dos Principais Contaminantes em Emissões Veiculares

POLUENTE	ABREVIACÃO UTILIZADA	FATOR PONDERAL DE EFEITO
Monóxido de Carbono	CO	1
Hidrocarbonetos	HC	60
Óxidos de Nitrogênio	NO _x	100
Óxidos de Enxofre	SO _x	153
material particulado	MP	130

FONTE: [14].

Deste modo, a estimativa ponderal de emissão para fontes de poluição do ar, com base nos dados das tabelas 10 e 11, é dada na tabela 13.

TABELA 13: Estimativa Ponderal de Emissão Para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990

FONTES	POLUENTES					
	CO	HC	NO _x	SO _x	PARTÍCULAS	TOTAL
CLASSE DE VEÍCULO						
a gasolina (escapamento)	69.583	388.500	240.800	57.375	46.540	802.798
a álcool (escapamento)	14.333	71.520	83.300	0	0	169.153
a óleo diesel (escapamento) (1)	18.167	178.020	1.325.000	930.699	107.250	2.559.136
motocicletas (escapamento)	2.667	30.480	1.800	3.366	1.170	39.483
táxi	4.333	22.980	18.300	1.683	1.690	48.986
TOTAL VEÍCULOS (escapamento)	109.083	691.500	1.669.200	993.123	156.650	3.619.556
emissão evaporativa	0	237.480	0	0	0	237.480
emissão do cárter	0	52.980	0	0	0	52.980
pneus	0	0	0	0	69.290	69.290
oper. de transferência (2)	0	54.480	0	0	0	54.480
operações de Proc. Ind. (3)	3.217 (750)	60.000(800)	116.700(740)	561.051(730)	476.710(883)	1.217.678
queima ao ar livre	3.667	70.020	25.000	4.590	130.000	233.277
TOTAL	115.967	1.166.460	1.810.900	1.558.764	832.650	5.484.741

FONTES: [2] [14].

(1) Veículos Pesados.

(2) Operações de transferência referem-se à comercialização de gasolina.

(3) Os números entre parênteses referem-se à quantidade de indústrias inventariadas.

TABELA 14: Estimativas Ponderais de Emissão Para Fontes de Poluição do Ar na RMSP - 1990 (em porcentagem)

FONTES CLASSE DE VEICULO	POLUENTES					
	CO	HC	NO _x	SO _x	PARTÍCULAS	TOTAL GERAL
a gasolina (escapamento)	1.27	7.08	4.39	1.05	0.85	14.64
a álcool (escapamento)	0.26	1.30	1.52	0.00	0.00	3.08
a óleo diesel (escapamento) (1)	0.33	3.25	24.16	16.97	1.96	46.66
motocicletas (escapamento)	0.05	0.56	0.03	0.06	0.02	0.72
táxi	0.08	0.42	0.33	0.03	0.03	0.89
TOTAL VEICULOS (ESCAPAMENTO)	1.99	12.61	30.43	18.11	2.86	65.99
emissão evaporativa	0.00	4.33	0.00	0.00	0.00	4.33
emissão do cárter	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.99
pneus	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	1.26
oper. de transferência (2)	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.99
operações de proc. industr. (3)	0.06 (750)	1.09 (800)	2.13 (740)	10.23 (730)	8.69	22.20
queima ao ar livre	0.07	1.28	0.46	0.08	2.37	4.25
TOTAL (%)	2.11	21.27	33.02	28.42	15.18	100.00

FONTE: [2] [14].

(1) Veículos Pesados.

(2) Operações de transferência referem-se à comercialização de gasolina.

(3) Os números entre parênteses referem-se à quantidade de indústrias inventariadas.

Como se pode verificar, a soma dos índices ponderais para cada fonte e para cada categoria de poluentes analisada revelou um índice ponderal correspondente a 5.484.741 unidades (tabela 13). Este número, por si só, não faz nenhum sentido, necessitando ser comparado individualmente a cada categoria de poluente e de fontes de emissão, para que possa ser estabelecida a participação destes nos efeitos biológicos gerados pela emissão de poluentes em toda RMSP.

Em termos ponderais, encontraram-se os maiores índices nas emissões dos veículos automotores, tendo os veículos movidos a óleo

diesel participação expressiva no índice global, notadamente devido a sua contribuição na emissão de NO_x (1.325.000) e SO_x (930.699).

A tabela 14 apresenta uma visão percentual da contribuição de cada fonte de emissão e de cada categoria de poluentes analisadas na formação do índice global. Em termos de fontes de emissão, sobressai-se a categoria dos veículos, com 65,99% da contribuição para a formação do índice global; só a categoria dos veículos movidos a óleo diesel alcança 46,66% da contribuição ao índice global.

Apenas este dado já revela a necessidade de mecanismos de controle com o intuito de diminuir a emissão de poluentes causados pelos veículos automotores, em especial os veículos movidos a óleo diesel. Neste estudo, foram analisados os efeitos da substituição da atual frota de ônibus urbanos a óleo diesel por ônibus novos a óleo diesel de acordo com as normas exigidas pelo PROCONVE para o ano de 1996, e por ônibus novos a gás natural comprimido, através de diferentes cenários. Esta temática é abordada no Capítulo III.

2.8 Considerações Gerais Sobre os Fatores que Influem nas Emissões de Poluentes dos Veículos Automotores

2.8.1 Tipo de motor do veículo

São analisados aqui os motores do ciclo Otto e a óleo diesel. Uma outra categoria de motores, de Ciclo Otto movidos a gás natural puro, é analisada no Capítulo III.

No que diz respeito às emissões de poluentes, a unidade utilizada para fatores de emissão para veículos leves brasileiros é o g/km. Isto se deve ao fato destes veículos serem ensaiados em um dinamômetro de chassis que simula o movimento em um ciclo urbano pré-determinado. Desta forma, uma vez determinada a quilometragem rodada pelo veículo, é possível obter-se a massa de poluentes obtida.

No caso de veículos pesados, ensaia-se apenas o motor. Este ensaio é realizado em banco dinamométrico, segundo as Normas Técnicas NBR 5484 - Motores Alternativos de Combustão Interna de Ignição por Compressão (Óleo Diesel) ou Ignição por Centelha (Otto) de Velocidade Angular Variável e NBR - 7027 - Gás de Escapamento Emitido por Motores Óleo Diesel - Determinação do Teor de Fuligem em Regime Constante. A norma adotada no Brasil é semelhante à européia e é denominada "Treze Pontos". O teste consiste na medição bruta do gás de escapamento em treze condições de funcionamento do motor, em regime permanente. Estas emissões são consideradas em gramas por unidades de

potência do motor e são geralmente expressas em g/kWh (gramas por kilowatt hora) [4].

Os fatores de emissão referentes aos veículos a gasolina e a álcool foram obtidos através de testes em laboratórios brasileiros. Os táxis, apesar de similares aos veículos leves a gasolina e a álcool, foram considerados uma categoria a parte por apresentarem operação diferenciada (com maior quilometragem média percorrida) em relação àqueles veículos. A seguir, são analisados os fatores que influem nas emissões de poluentes pelos veículos automotores.

É importante lembrar também que os projetos do motor e das características gerais do veículo são os fatores que determinarão os níveis de emissão para cada modelo. Deste modo, a maneira mais eficaz de controlar esta causa de emissão de poluentes atmosféricos é através de uma legislação que obrigue os fabricantes de veículos automotores a incluir limites à emissão de poluentes nos próprios projetos de seus veículos e respectivos motores. A legislação brasileira já contempla esta alternativa, executada por intermédio do PROCONVE (Programa Nacional de Controle de Poluição Por Veículos Automotores).

2.8.1.1 Veículos com motor Ciclo Otto

Têm por característica a ignição por faísca. É o tipo de motor usado nos veículos a gasolina e a álcool. As emissões de poluentes são originárias do escapamento, cárter, carburador ou tanque de combustível.

Nos veículos a gasolina sem controle das emissões, destacam-se as seguintes fontes de emissões:

- Evaporação do tanque de combustível e do carburador: 15% dos hidrocarbonetos;
- Ventilação do cárter: 20% dos hidrocarbonetos;
- Escapamento: 100% SO_x, 100% CO, 100% NO_x, 100% material particulado e 65% HC.

2.8.1.2 Veículos Com Motor a Óleo Diesel

Têm como característica a ignição espontânea. A quase totalidade dos poluentes são provenientes do escapamento, com ênfase no material particulado. Isto ocorre devido ao sistema fechado de injeção de combustível nos motores a óleo diesel e à menor volatilidade deste combustível, quando comparado à gasolina.

O veículo a óleo diesel emite menos monóxido de carbono e hidrocarbonetos por quilômetro rodado do que o veículo a gasolina; no

entanto, as emissões de óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado por quilômetro rodado são maiores, comparativamente, nos veículos movidos a óleo diesel.

Deve ser lembrado que, neste caso, a emissão de material particulado torna-se potencialmente mais prejudicial à saúde, devido a [6]:

- Tamanho das partículas: devido ao seu pequeno tamanho, ficam mais tempo em suspensão no ar e podem atingir os alvéolos dos pulmões;
- Natureza das partículas: compostas por carbono, metais e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, possuem características cancerígenas e mutagênicas;
- Condições para dispersão: a emissão é feita diretamente sobre a região respirável da atmosfera, geralmente onde há concentrações de pessoas, como é o caso da emissão decorrente da circulação das frotas urbanas de transporte de passageiros por ônibus. Isto impede a possibilidade de dispersão adequada do material particulado, agravando seus efeitos nocivos sobre a saúde da população. Na cidade de São Paulo, a região central (Parque Dom Pedro) tem gerado as maiores leituras de concentração de material particulado, indicando que os veículos movidos a óleo diesel são as maiores fontes desse poluente ao nível da rua.

2.8.2 Velocidade do Fluxo de Tráfego

Com exceção do NO_x , a diminuição das emissões das principais categorias de poluentes (CO , HC , SO_x e material particulado) pode ser obtida com o aumento da velocidade média do fluxo de tráfego. A exceção mencionada deve-se ao fato de que são justamente as velocidades mais elevadas que propiciam as condições para a formação do NO_x , através das altas temperaturas e altas relações ar-combustível.

A simulação, em laboratório, da redução de cerca de 40% da velocidade média do fluxo de tráfego em uma via (de 31,5 km/h para 19 km/h) concluiu que as emissões de CO sofreram incremento de 25%, as emissões de HC aumentaram 20%, as emissões de NO_x tiveram redução de 15% e o consumo de combustível aumentou 20% [15].

A Região Metropolitana de São Paulo, em geral, e a cidade de São Paulo, em particular, vivem hoje uma situação de agravamento dos congestionamentos do trânsito, motivados pelo incremento do número de veículos em circulação. Estes congestionamentos acarretam perda desnecessária de tempo por parte dos cidadãos, aumento do consumo de combustível e das emissões de poluentes por parte dos veículos automotores, contribuindo em grande monta para a piora da qualidade do ar na RMSP.

2.8.3 Tipo de Combustível Utilizado

As características do combustível utilizado são responsáveis pela qualidade da mistura ar-combustível dentro do motor. Como os poluentes emitidos pelo escapamento resultam da queima incompleta do combustível, uma mistura inadequada resultará em maior emissão de poluentes.

2.8.3.1 Gasolina

Sua utilização resume-se basicamente aos veículos leves de passageiros. No Brasil adiciona-se o álcool etílico anidro na gasolina na proporção de 22% (com variação admissível de 1%). Para os veículos fabricados a partir de 1992, o “gasool” (gasolina com 22% de álcool) é o único combustível adequado. Esta mistura melhora a eficiência da combustão e reduz consideravelmente as emissões totais de monóxido de carbono e combustível não queimado. Também torna desnecessária a adição do chumbo tetraetila como aditivo antidetonante para a gasolina.

No final dos anos 80, quando os órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos combustíveis decidiram diminuir a porcentagem de álcool etílico anidro adicionado à gasolina para 12%, a quantidade de monóxido de carbono emitida pelos veículos a gasolina sofreu um incremento de 10%.

2.8.3.2 Álcool Etílico Combustível

Após o Choque do Petróleo, em 1973, foi incentivada a busca por um combustível alternativo para a gasolina. Em 1975, o Governo Federal lançou o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), aplicado aos veículos leves de passageiros. Comparada à gasolina, esta alternativa trouxe grande progresso no tocante à redução das emissões de monóxido de carbono e combustível não queimado. A estimativa para esta redução, em valores médios, foi de cerca de 30% [16]. Também foi estimado que, se todos os veículos a álcool que circulam na RMSP fossem convertidos para gasolina, haveria um aumento de um terço nas emissões totais de monóxido de carbono nesta Região [16].

2.8.3.3 Óleo Diesel

O Brasil importa petróleo, suplementando a produção nacional no abastecimento do mercado interno. O critério adotado para importação é o preço, e não a qualidade do produto. Esse procedimento tem ocorrido historicamente e pode ser explicado pela vulnerabilidade do Balanço de Pagamentos e do montante da Dívida Externa do País. Deste modo, o óleo diesel produzido a partir do petróleo mais barato (pesado e semi-pesado) adquirido no exterior muitas vezes tem alto teor de enxofre, o que agrava os danos ao meio ambiente.

Um parâmetro utilizado para o mesmo intuito é a especificação em massa do enxofre. Em 1992, a especificação brasileira era de 0,5% a 0,8%, ao passo que especificações acima de 0,5% são consideradas indesejáveis. Atualmente, já existe no país a tecnologia necessária para a diminuição dos teores de enxofre do óleo diesel. A Resolução CONAMA Nº 8, de 31/08/93, estabelece que o óleo diesel comercializado no Brasil deve ter um teor máximo de enxofre entre 0,3% e 1%, em volume, e um número de cetano, outro indicador da qualidade do produto, entre 40 e 45.

O óleo diesel é utilizado nas frotas de transporte de passageiros e de produtos, em todo o território nacional. Sendo subsidiado, qualquer elevação de seu preço terá efeito inflacionário, dada sua influência sobre a formação do preço final de inúmeros produtos e serviços.

2.8.4 Manutenção dos Veículos

Os principais fatores que contribuem para o aumento da emissão de poluentes pelos veículos automotores são [7].

- Filtro de Ar sujo,
- Bomba de Combustível desregulada,
- Bicos de Inspeção alterados, carbonizados ou “travando”,
- Válvulas desreguladas,

- Baixa compressão nos Cilindros;
- Freios “pegando” nas rodas;
- Embreagem “patinando”;
- Pneus murchos;
- Tanque de Combustível sujo;
- Tubo de Escapamento estrangulado ou rompido.

Entre 1988 e 1990 a CETESB realizou um programa de inspeção para voluntários através da instalação de postos de diagnósticos. Nestes três anos, dos 11.074 veículos vistoriados, 8.409 (75.9%) estavam desregulados. As razões levantadas para explicar a baixa qualidade da manutenção encontrada foram as seguintes [11]:

- As equipes das oficinas que prestam os serviços de manutenção, em geral, possuem maior grau de experiência prática e menor grau de preparo em termos de treinamento técnico;
- Somente algumas oficinas possuem equipamentos de verificação (check-up);
- O alto custo dos serviços e das peças de manutenção tem representado um entrave para a realização de manutenção preventiva pela média dos proprietários dos veículos. Além disso, há o temor, por parte de muitos usuários, de efeitos negativos no desempenho do veículo provocados por baixa qualidade dos serviços prestados.

O Decreto Estadual Nº 38.789, de 17/06/1994, instituiu o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M, que será gerenciado e operacionalizado pela CETESB, à qual compete a definição da frota-alvo a ser fiscalizada.

A Lei Municipal Nº 11.733, de 27/03/95, institui na cidade de São Paulo o Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso, que prevê a participação de empresas privadas para prestação de serviços de implantação e operação dos centros de inspeção da frota licenciada no município.

2.8.5 Condições de Operação dos Veículos

São os seguintes os fatores que podem aumentar as emissões de poluentes em decorrência da operação inadequada dos veículos [7]:

- Excesso de carga;
- Acelerações desnecessárias;
- Longa operação do motor em marcha lenta;
- Uso incorreto das marchas;
- Uso de veículo que apresenta emissão de material particulado.

2.9 O Controle da Poluição Veicular

Na segunda metade da década de sessenta, foi implantado nos Estados Unidos um programa pioneiro de controle da qualidade do ar, a partir do advento do “Clean Air Act”. Esta nova legislação foi motivada pela associação entre as emissões dos veículos e os índices de poluição atmosférica em algumas cidades americanas.

A execução do programa contemplou o controle dos índices de emissões dos veículos novos. Foram estabelecidos objetivos a serem atingidos ao longo dos anos, para que a renovação da frota propiciasse a redução das emissões de poluentes.

Outros países (Japão, Suécia, Canadá, Inglaterra) desenvolveram programas semelhantes, “adequados às suas frotas específicas, ao seu estágio de desenvolvimento tecnológico e às suas necessidades de redução de emissões veiculares” [4].

2.9.1 O PROCONVE

Até 1986 o Brasil estava em igualdade tecnológica com os demais países fabricantes de veículos sem controle de emissões.

O rápido processo de urbanização verificado no País, especialmente a partir da década de 60, associado às políticas continuadas de estímulo ao transporte individual nas cidades brasileiras, em detrimento do

transporte coletivo, gerou um quadro caracterizado pelo trânsito caótico, causador de altos níveis de poluição sonora e atmosférica. Este quadro é mais grave nas grandes metrópoles, especialmente em São Paulo. Quando se considera o monóxido de carbono, “smog” fotoquímico (indicado pela presença de ozona), dióxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado, o problema de poluição do ar em São Paulo é um dos mais severos do Mundo, na medida em que todos estes poluentes ultrapassam os padrões de qualidade do ar simultaneamente [11].

A CETESB apresentou ao Governo de São Paulo proposta de controle das emissões atmosféricas dos veículos novos, com fixação de metas a serem cumpridas ao longo dos anos. Esta proposta, após ser analisada a nível federal por diversas associações e órgãos governamentais, originou o PROCONVE (Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos Automotores), que foi criado pela Resolução N^o 18, de 06/05/86, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). A CETESB é o órgão conveniado ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) com a responsabilidade da implantação e da operacionalização do PROCONVE a nível nacional.

A mesma Resolução (N^o 18/86) criou o PROVEM (Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores), que foi implementado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial).

A nível federal, a Resolução N^o 18/86 do CONAMA foi complementada pelas Resoluções N^{os} 04, de 15/06/88, 03 e 04, de

15/06/89, 10 de 14/09/89, 06, 07, 08 e 09, de 31/08/93, Portaria Nº 1937, de 28/09/90 e Lei Federal Nº 8.723, de 28/10/93.

A nível estadual, foi complementada pelo Decreto Nº 38.789, de 17/06/94, e a nível municipal (São Paulo), foi complementada pelo Decreto Nº 34.099, de 14/04/94.

O PROCONVE foi instituído com os seguintes objetivos [4]:

- A promoção do desenvolvimento tecnológico nacional na engenharia automobilística e em métodos anti-poluentes;
- A criação de programas de inspeção e manutenção para os veículos automotores em uso;
- A promoção de mecanismos de conscientização da população sobre os aspectos envolvidos na poluição atmosférica causada pelos veículos automotores;
- O estabelecimento de condições de avaliação dos resultados alcançados;
- A promoção da melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, com o intuito de redução das emissões de poluentes para a atmosfera.

A implementação do PROCONVE iniciou-se com os ônibus urbanos fabricados a partir de 1º de outubro de 1987. Antes dessa data, outras ações foram tomadas visando a preparação da infra-estrutura técnica e treinamento de pessoal necessário, culminando na elaboração do

“Relatório de Valores Típicos de Emissão”. Este relatório é considerado a força propulsora que determinou o início efetivo do funcionamento do Programa [17]. O alvo principal dos Programas consistiu na fixação dos limites máximos de emissão para os veículos e motores em ensaios padronizados e com combustíveis de referência, em conformidade com programas estabelecidos em outros países. A metodologia americana foi utilizada para medição dos gases, enquanto a metodologia europeia foi utilizada para medição da emissão de material particulado nos motores a óleo diesel (“método dos 13 pontos”).

O Programa estabeleceu também a certificação de 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 desconformidade com a produção ou o projeto, e proibiu a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios [7].

A eficácia do Programa depende da substituição da frota circulante por veículos novos, menos poluentes, num processo lento e que dependerá do comportamento da população e do mercado de veículos usados.

2.9.1.1 Resultados do PROCONVE

O PROCONVE foi dividido em fases, aplicáveis para os veículos leves (até 2.800 kg) e pesados (acima de 2.800 kg). No caso dos veículos leves, foram estabelecidos limites para emissões evaporativas, do escapamento e do cárter. No caso dos veículos pesados, os limites levaram em conta apenas as emissões do escapamento.

As tabelas 15 e 16 apresentam, respectivamente, os limites de emissão propostos para veículos pesados e o calendário para os novos limites de emissão.

TABELA 15: Limites de Emissão Propostos Para Veículos Pesados

FASE/ POLUENTE	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	FULIGEM (g/kWh) (1)	MP (g/kWh) (1)
FASE I	-	-	-	2,5	-
FASE II	11,2	2,45	14,4	2,5	-
FASE III	4,9	1,23	9,0	-	0,7 / 0,4 (2)
FASE IV (3)	4,0	1,1	7,0	-	0,15

FONTE: [18].

(1) Somente para motores a óleo diesel;

(2) 0,7 g/kWh para motores até 85 kW e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85 kW;

(3) Estabelecida pela Resolução N^o 8 do CONAMA, em 31/08/93.

TABELA 16: Calendário Para Novos Limites de Emissão

DATA DE VIGÊNCIA	TIPO DE VEÍCULO	FASE	% VENDAS NO BRASIL
01/07/1993	TODOS	II I	80% 20%
01/01/1994	ÔNIBUS URBANOS	III II	80% 20%
01/01/1996	TODOS	III II	80% 20%
01/01/1998	ÔNIBUS URBANOS	IV III	80% 20%
01/01/2000	TODOS	IV III	80% 20%
01/01/2002	TODOS	IV	100%

FONTE: [18].

A seguir são apresentados os resultados alcançados (ou esperados, no caso dos limites previstos para o futuro) para cada fase:

- Fase I: Refere-se ao período compreendido entre 1988 e 1992. Resultou no aprimoramento dos projetos dos veículos produzidos, redução das tolerâncias na produção e no início do controle da emissão evaporativa.
- Fase II: Refere-se ao intervalo temporal entre 1993 e 1995. É a fase da implantação das tecnologias especiais. Até o momento, relata-se o aparecimento da injeção eletrônica de combustível (ou carburadores assistidos eletronicamente), e dos catalisadores (conversores catalíticos), utilizados com o intuito da redução das emissões.
- Fase III: Refere-se ao ano de 1996 a 2001. Serão solicitadas aos fabricantes, indiretamente, as melhores tecnologias disponíveis para formação da mistura e controle eletrônico do motor, de modo a atender aos limites especificados.

- Fase IV: Refere-se ao ano de 2002. Da mesma forma que na fase III, serão solicitadas aos fabricantes, indiretamente, as melhores tecnologias disponíveis para formação da mistura e controle eletrônico do motor, de modo a atender aos limites especificados.

No caso dos veículos pesados, o PROCONVE trouxe significativo avanço no tocante ao controle das emissões de CO, NO_x e MP, mas a qualidade do óleo diesel brasileiro, com alto teor de enxofre, limita os avanços neste setor. A legislação já contemplou a redução do teor de enxofre do óleo diesel comercial brasileiro (Resolução CONAMA N^o 8, de 31/08/93), estabelecendo também novos limites europeus denominados Fase III (Euro I) para 1996, com antecipação para 80% do total dos ônibus urbanos para 01/03/94 e Fase IV (Euro II) para o ano 2000, com antecipação de 80% dos ônibus urbanos para o ano de 1998.

CAPÍTULO III

O ÔNIBUS A GÁS NATURAL PURO COMO ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA RMSP

3.1 O Gás Natural: Origem e Utilização

O gás natural consiste em uma mistura de gases, com predominância de metano em cerca de 85% a 95% e, em proporções menores, etano, propano, butano, pentano e hexano [4]. É comum a ocorrência de baixos teores de dióxido de carbono, nitrogênio, hidrogênio e compostos sulfurados (mercaptanas e gás sulfídrico). Pode estar associado ou não ao petróleo, sendo normalmente utilizado na recuperação secundária de poços de petróleo, na produção de GLP (gás liquefeito de petróleo) e, na qualidade de matéria prima, na indústria química, petroquímica e de fertilizantes.

No Brasil, sua utilização como combustível veicular em substituição aos combustíveis líquidos é recente. Já havia utilização deste combustível em empilhadeiras industriais, o que reduzia as emissões de poluentes em ambientes fechados. A partir da década de 80 foram feitas experiências para o aproveitamento em motores pesados (ônibus) e a partir da década de 90 começou a ser utilizado em veículos leves (táxis). Apresenta temperatura de auto-ignição muito elevada (650 graus centígrados), não é tóxico ou irritante e dissipa-se rapidamente na atmosfera em caso de vazamento.

As reservas brasileiras inventariadas de gás natural somavam 146,5 bilhões de metros cúbicos em 31/12/94. Naquele ano, o país produziu 7.756.000.000 m³ de gás natural, dos quais 2.620.000.000 (33,78%) foram perdidos na forma de queima ou reinjeção nos poços de petróleo. A

produção diária média foi de 21.249.315 m³, e a perda média diária alcançou 7.178.082 m³ [19].

Há um plano governamental, denominado PLANGÁS, que projeta elevar a participação do gás natural no consumo final de energia no Brasil de 2% para 10%, meta a ser atingida no ano 2.000. A nível mundial, o gás natural já é utilizado em grande escala, como atesta a tabela 17.

TABELA 17: Participação do Gás Natural no Consumo Final de Energia em Países Selecionados (em porcentagem)

PAÍS / ANO	1970	1980	1990
ESTADOS UNIDOS	27	24	25
CANADA	15	21	25
AUSTRÁLIA	2	12	18
FRANÇA	6	14	17
ALEMANHA	9	14	17
ITÁLIA	12	21	28
INGLATERRA	9	27	28
JAPÃO	3	4	5
ESPANHA	1	2	7
ISRAEL	3	3	0
TAIWAN	9	7	4
COREIA	0	0	1
MÉXICO	18	21	16
CHILE	1	1	2
BRASIL	0	1	2

FONTE: [19].

3.2 Histórico do Ônibus a Gás

3.2.1 A Utilização de Combustíveis Gasosos Para Uso Veicular

Com o intuito de extrair potência de um sistema de combustão interna, Christian Huygens, em 1680, e Denis Papin, em 1690, usaram a

pólvora como combustível (no entanto, somente em 1794 é que Robert Street construiu a primeira máquina que utilizaria este tipo de combustão).

Em 1817, Nikolaus A. Otto patenteou o “motor a gás silencioso” que, levando-se em conta o avanço da tecnologia ocorrido posteriormente, é similar ao que aciona os veículos de ciclo Otto (movidos a gasolina e a álcool, por exemplo) da atualidade. Em 1820, Willian Cecil construiu um aparelho composto por um cilindro e um pistão, o qual movia-se circularmente a 60 rotações por minuto, movido por hidrogênio e consumindo 17,6 pés cúbicos por hora. O gás como combustível foi também utilizado nos engenhos concebidos por Samuel Brown (1823), W.L.Wright (1833) e Willian Barnet (1838).

J. J. E. Lenoir, em 1860, desenvolveu um motor de combustão interna movido a gás de carvão. Era muito resistente e seu custo de produção era menor, comparativamente, aos motores a vapor. Em 1865, a França contava com 400 desses engenhos em operação, e a Inglaterra, com cerca de 1.000. Eles também foram bem sucedidos quando aplicados a uma carruagem experimental, bem como a um barco, tendo sido usado um hidrocarboneto similar à gasolina como combustível. Em 1892, foram patenteados por Rudolf Óleo diesel os motores movidos a óleo diesel, e o primeiro modelo desse motor foi construído em 1897.

A partir do início do século XX, a gasolina (para os veículos leves) e o óleo diesel (para os veículos pesados) substituíram o gás como

combustível. Com exceção da Itália, o gás não teve praticamente uso em sistemas automotivos.

A ocorrência de graves problemas ambientais devido à utilização de combustíveis líquidos, aliada à descoberta de maiores reservas de gás natural, voltou a atenção de vários países para as vantagens do uso de um combustível gasoso para alimentar os motores de combustão interna, a exemplo do que ocorre em outras áreas (indústrias e residências, por exemplo) [14].

3.2.2 O Gás Natural Veicular: Experiências em Países Selecionados

3.2.2.1 Itália

Em virtude da crise do fornecimento de petróleo ocorrida durante a Segunda Guerra Mundial, a Itália recorreu a suas jazidas de gás natural para utilização veicular. Para os países europeus em geral, e para a Itália em particular, o incentivo à utilização do gás natural em substituição aos combustíveis líquidos tem razões ambientais e econômicas. A poluição atmosférica e sonora baixa o padrão de vida dos habitantes das cidades e acarreta sérios e muitas vezes irreparáveis danos ao patrimônio histórico e arquitetônico, tesouro cultural da humanidade e que gera divisas a estes países através do turismo.

Como a poluição atmosférica acarreta a decomposição e o esfarelamento das pedras das construções arquitetônicas, e a poluição sonora causa trepidações, abalando suas estruturas, é urgente para a Itália (e para as demais nações européias) a implementação de soluções alternativas para a movimentação de cargas e passageiros. No caso italiano há ainda o agravante de que suas cidades, seculares, apresentaram um crescimento descontrolado. Em decorrência disso, os complexos de ruas e vielas, construídas aleatoriamente muito antes do advento dos veículos a motor, padecem com seríssimos problemas de tráfego, agravados nos centros históricos. Para tentar reverter este quadro, está sendo dada prioridade ao uso do transporte público coletivo, em detrimento do transporte individual.

Existe também projeto de incentivo à substituição do óleo diesel pelo gás natural como combustível para a frota de ônibus urbana. Esta substituição já está sendo realizada em três cidades: Udine, Ravena e Piacenza. Piacenza foi a pioneira: em 1978 foi transformado em bi-combustível (óleo diesel mais gás natural) um ônibus FIAT convencional movido a óleo diesel, através de um trabalho conjunto da ATM (empresa de transporte municipal) e da SNAM (empresa que comercializa e distribui o gás natural). Após um ano, dado o sucesso alcançado, foi criado o segundo protótipo, movido a gás natural comprimido. Tendo em vista a grande redução na emissão de poluentes, e a economia com os gastos de combustível, em 1986 foi programada a transformação de 50

ônibus para circularem no centro histórico e projetada uma central de abastecimento para estes veículos.

O uso de gás natural em veículos particulares já está bem difundido na Itália. Estima-se que, até 1986, 250.000 veículos já haviam sido convertidos, e existe a preocupação de incentivar a iniciativa privada com o intuito de construir novos postos de abastecimento de Gás Natural Veicular (GNV), a fim de assegurar aos proprietários de veículos a gás natural a necessária autonomia em seus deslocamentos.

A experiência italiana com ônibus a gás permitiu a análise de diversos fatores funcionais do veículo, tais como custo, autonomia, segurança, redução da poluição sonora e atmosférica, capacidade de carga e consumo. Os resultados obtidos foram considerados extremamente positivos [4] [20].

3.2.2.2 Dinamarca

Em fevereiro de 1986, a Companhia de Transportes Metropolitanos experimentou um ônibus Volvo bi-combustível (óleo diesel mais gás natural), modelo B-10 M, com motor THD turbo-charge.

Após um ano, constatou-se que o índice de substituição volumétrica era de 70% de óleo diesel pelo gás. Tecnicamente, foi sugerida a adoção de um sistema 100% a gás, mas a substituição do óleo diesel não era

vantajosa economicamente, devido ao elevado preço do gás natural na Dinamarca [20].

3.2.2.3 Canadá

O país possui extensas reservas de gás, das quais destacam-se as situadas na Baía de Hudson, Sable Island (nas proximidades da Nova Escócia) e nas proximidades de Alberta. O interesse pelo gás natural foi motivado pelas crises do petróleo da década de setenta.

Em 1980, o governo da Província de British Columbia, o Departamento de Minas e Energia e a B.C. Hydro, Gas Operations, iniciaram o Programa de Gás Natural Veicular naquela província, com o objetivo de substituir a gasolina. Foram convertidos 250 veículos para duplo uso de combustível. Em 1984 o número de veículos convertidos era superior a 3.000. Dentre eles havia táxis, carros, peruas de entrega e também ônibus e caminhões.

Justificou-se a escolha do duplo uso em virtude da possibilidade de maior autonomia dos veículos convertidos. Se fossem movidos apenas a gás natural, estes veículos poderiam circular somente dentro de um raio compreendido pela rede de postos de abastecimento. Com o duplo uso, existem condições para transpor este raio e rodar dentro do país ou, até mesmo, fora dele.

O Governo Federal percebeu o potencial de mercado de gás para uso automotivo e ofereceu 600 dólares canadenses aos proprietários de veículos que fizessem a conversão. Em troca, os proprietários deveriam fornecer informações sobre o desempenho dos veículos. Para incentivar a iniciativa privada a construir postos de compressão e abastecimento de gás, o Governo Federal também oferecia 50.000 dólares canadenses aos investidores.

Posteriormente, os governos regionais também criaram incentivos para difundir o gás natural veicular: o Governo de Ontário subsidiava 7% do valor de compra de um carro zero quilômetro movido a gás. O Governo de British Colúmbia oferecia, para a mesma finalidade, um bônus de 200 dólares canadenses. A Toronto Transit Commission também pesquisou a substituição da frota de tróleibus da cidade de Toronto por ônibus a gás.

Participavam do projeto de substituição do óleo diesel pelo gás natural a Chrysler e a General Motors. A Ford está pesquisando o uso do metanol ou álcool associado ao gás (bi-combustível), contando, para isso, com o auxílio de um kit automatizado, desenvolvido especialmente para esta finalidade [4] [20].

3.2.2.4 Estados Unidos

Existe nesse país um estímulo para a conversão de frotas inteiras, independentemente do porte ou da natureza, e não de veículos

O Governo Federal percebeu o potencial de mercado de gás para uso automotivo e ofereceu 600 dólares canadenses aos proprietários de veículos que fizessem a conversão. Em troca, os proprietários deveriam fornecer informações sobre o desempenho dos veículos. Para incentivar a iniciativa privada a construir postos de compressão e abastecimento de gás, o Governo Federal também oferecia 50.000 dólares canadenses aos investidores.

Posteriormente, os governos regionais também criaram incentivos para difundir o gás natural veicular: o Governo de Ontário subsidiava 7% do valor de compra de um carro zero quilômetro movido a gás. O Governo de British Colúmbia oferecia, para a mesma finalidade, um bônus de 200 dólares canadenses. A Toronto Transit Commission também pesquisou a substituição da frota de tróleibus da cidade de Toronto por ônibus a gás.

Participavam do projeto de substituição do óleo diesel pelo gás natural a Chrysler e a General Motors. A Ford está pesquisando o uso do metanol ou álcool associado ao gás (bi-combustível), contando, para isso, com o auxílio de um kit automatizado, desenvolvido especialmente para esta finalidade [4] [20].

3.2.2.4 Estados Unidos

Existe nesse país um estímulo para a conversão de frotas inteiras, independentemente do porte ou da natureza, e não de veículos

particulares, como é o caso dos outros países que utilizam o gás natural como combustível.

Desse modo, tem ocorrido a conversão de frotas pequenas, médias e grandes, compostas de carros, utilitários, ônibus ou caminhões. Para o seu abastecimento, procede-se à instalação de um posto de compressão, com capacidade especificamente dimensionada para a frota em questão e localizado em seu próprio pátio, operando como um posto particular.

O Governo também faz uso de estímulos financeiros, por meio de incentivos fiscais como, por exemplo, isenção de impostos e taxas. As primeiras companhias americanas a realizar a adoção do gás natural como substituto da gasolina e do óleo diesel foram a Southern California Gas Company, em 1969, com 950 veículos convertidos, e a Arizona Public Service Company, em 1971, que lançou em Phoenix o Propane Smog Cutter, com a conversão de 40 veículos.

Os complexos Disney também utilizam gás natural para a movimentação de suas frotas, por considerarem-no mais seguro do que o óleo diesel, a gasolina, o gás liquefeito de petróleo ou o metanol [4] [20].

3.2.2.5 Argentina

O gás natural é mais abundante do que o petróleo no território argentino, havendo uma clara desproporção entre as reservas comprovadas destas duas fontes energéticas. O programa de utilização do gás natural

como combustível tem como objetivo aumentar a utilização do gás natural. Teve início em 1984, implementado pela Secretaria de Energia e tendo como órgão planejador, administrador e executor a Gás del Estado.

O gás é fornecido por meio de 60 estações de compressão e abastecimento autorizadas, distribuídas por todo território argentino e pertencentes à Gas del Estado e a outras empresas petrolíferas que operam no país, como a YPF, Esso, AGIP e ASTRA. As estações recebem o gás proveniente da rede de gasodutos, comprimem-no e armazenam-no em cilindros, de onde é fornecido aos veículos.

Em termos de participação, a maioria dos veículos convertidos são táxis (cerca de dois terços do total), seguidos pelos veículos de transporte e cargas leves e, por fim, pelos veículos particulares. Deve-se ressaltar que todos utilizam motor do ciclo Otto. Até o mês de janeiro de 1989, a conversão já havia sido realizada em 27.000 veículos. Já estão à disposição dos consumidores veículos zero quilômetro convertidos, fabricados por montadoras como a Fiat, Peugeot e Renault.

São 11 os grandes centros abastecidos pela rede de gasodutos, contando com grande número de postos de abastecimento e onde o número de veículos está em crescimento. São eles: Capital Federal e a Grande Buenos Aires, Córdoba, Rio Quatro, Mar del Plata, Neuquém, Comodoro Rivadavia, Rosário, Bahia Blanca, Bariloche, Viedma e Salto.

A análise do desempenho dos veículos indicou que a quilometragem média percorrida varia entre 150 e 300 km por dia. Desse modo, tomando-se por base o preço do combustível em janeiro de 1989, estimou-se que o

retorno do investimento dispendido na conversão é possível num prazo variável entre seis meses a um ano.

Existem quatro tipos de kits de conversão oficialmente aprovados pela Gas del Estado. Destes, três são de fabricação argentina e um é de fabricação brasileira. Quanto aos cilindros utilizados para o armazenamento do gás, estes são argentinos (mais pesados) ou importados (mais leves). Já está em estudo a fabricação de cilindros de alumínio [4] [14] [20].

3.2.2.6 Nova Zelândia

Os expressivos aumentos do preço do petróleo, em 1973 e 1979, revelaram uma alta vulnerabilidade do sistema de transporte deste país. Com o intuito de reverter esta situação desfavorável, foi proposta a conversão dos veículos (basicamente veículos leves) para a utilização do Gás Natural Comprimido (GNC), proveniente das reservas de Kapuni e de Mauí, descobertas, respectivamente, em 1959 e 1969 [14].

Em 1979 foi iniciado o programa, com a conversão de 2.000 veículos para gás natural. Em 1985, passava de 100.000 o número de veículos utilizando este combustível e as estimativas do tamanho da frota movida a gás, para 1987, eram de 170.000 veículos convertidos.

Em termos de tecnologia adotada, a conversão compreende tanto a substituição total quanto a substituição parcial (70% a 80%) do óleo diesel usado como combustível nos veículos.

3.2.2.7 Outros Países

O uso do gás natural nos transportes também vem sendo pesquisado pela Rússia, Argélia, Camarões, China, Índia, Hungria, Bulgária, Colômbia, Grã-Bretanha, Austrália, México e Venezuela. Destes, a Rússia, com uma frota estimada em 250.000 veículos movidos a gás natural, merece destaque em termos de aproveitamento deste combustível para fins automotivos [14].

A tabela 18 nos mostra dados sobre a frota de veículos movidos a gás natural em países selecionados.

TABELA 18: Frota de Veículos a Gás em Países Selecionados - 1994

PAÍS	NÚMERO DE VEÍCULOS
ESTADOS UNIDOS	65.000
CANADÁ	50.000
ITÁLIA	270.000
RÚSSIA	250.000
NOVA ZELÂNDIA	150.000
ARGENTINA	226.000

FONTE: BR DISTRIBUIDORA.

A frota mundial de veículos foi estimada em 613,53 milhões de veículos em 1992 [21]. O total da frota de veículos movidos a GNV dos

países selecionados na tabela precedente alcança 1,011 milhão de unidades, correspondente a 0,16% da frota mundial.

A tabela 19 mostra as medidas de incentivo que foram dadas a frotas comerciais em países selecionados.

TABELA 19: Medidas de Incentivo a Frotas Comerciais em Países Selecionados

MEDIDAS DE INCENTIVO A FROTAS COMERCIAIS	Alemanha	Argentina	EUA / Canadá	Índia	México	Nova Zelândia	Tailândia
INCENTIVO DIRETO (GOVERNO PAGA UMA PARTE)	X		X				
ISENÇÃO DE IMPOSTOS			X				X
CRÉDITO SUBSIDIADO			X				
VEÍCULO LEVE COMO VIABILIZAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DIESEL		X		X			
FROTAS GOVERNAMENTAIS COMO PIONEIRAS	X				X		X
COMPULSORIEDADE DO USO DO GNV EM ALGUNS CASOS		X	X		X		
CAMPANHA INSTITUCIONAL			X			X	

FONTE: [22]

Observa-se, através da análise da tabela 19, que os países que mais fazem uso das muitas medidas de incentivo à adoção do GNV são os Estados Unidos e o Canadá. Em geral, nos países selecionados, a medida de incentivo mais adotada é a compulsoriedade do uso do GNV em alguns casos.

TABELA 20: Relação Entre o Preço de 1Nm³ DE GNV (220 bar Para Grandes Frotistas) e o Preço de 1 Litro de Óleo Diesel em Países Selecionados (em porcentagem)

PAÍS	RELAÇÃO DE PREÇOS
AUSTRÁLIA	60
ARGENTINA	80
ALEMANHA	55
ESTADOS UNIDOS / CANADÁ	45
MALÁSIA	60
RÚSSIA	50
TURQUIA	60

FONTE: [22].

Observa-se que, pela análise da tabela 20, à exceção da Argentina, todos os outros países possuem relação de preços entre o GNV e o óleo diesel da ordem de 45% a 60%. Sem dúvida, esta é uma medida de grande incentivo para o incremento do GNV como combustível alternativo ao óleo diesel.

3.2.3 A Experiência Nacional com Gás Natural Veicular

À época da Segunda Guerra Mundial, o Brasil enfrentou dificuldades no suprimento de combustível para a sua frota automotiva. Fez-se uso do gasogênio produzido a partir do carvão ou da lenha, para fins de abastecimento dos veículos. A partir dos anos setenta, apenas a nível de pesquisa encontra-se o gasogênio sendo utilizado como combustível automotivo.

Entretanto, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é utilizado legalmente em veículos industriais (como empilhadeiras, por exemplo), devido às menores emissões de poluentes quando utilizados em recintos fechados. Já existia, portanto, uma base tecnológica e industrial que possibilitou o desenvolvimento de equipamentos para os veículos movidos a gás [4].

Deve ser destacada a disposição governamental de promover o uso do álcool como combustível alternativo para os veículos, tendo em vista as crises do petróleo em 1973 e em 1979. Lançado em 1975, o “Proálcool” objetivou substituir o uso da gasolina por etanol nos veículos particulares de passeio. Sendo produzido no país, o álcool traria economia de divisas gastas com importação de petróleo, além de incentivar a obtenção de maior produtividade na lavoura da cana, e a geração de empregos.

Foram concedidos incentivos fiscais para a compra de automóveis a álcool (impostos menores), além de empréstimos facilitados para os produtores e a regulamentação do preço do álcool como porcentagem do preço da gasolina. Em 1992 o Brasil contava com uma frota estimada em 14 milhões de veículos automotores, sendo que a participação dos veículos a álcool era de cerca de 30% desta frota (4.200.000 veículos) [23].

A experiência da substituição do óleo diesel pelo gás natural comprimido iniciou-se através de programas implementados para as frotas de ônibus utilizadas no transporte coletivo urbano. Todavia, já existem, atualmente, experiências com pequenas frotas específicas (como

caminhonetes do “Touring Club” da cidade do Rio de Janeiro, por exemplo) e a conversão de veículos leves (notadamente táxis) para o uso do gás natural comprimido. A cidade de São Paulo possui atualmente mais de 7.000 táxis movidos a GNC.

A localização das grandes reservas de gás natural no mar, assim como a distribuição espacial da rede de gasodutos existentes, tem inviabilizado a utilização do GNC no interior do país. Esta restrição limita os projetos desenvolvidos às cidades costeiras (Natal, Recife, Aracaju, Salvador e Rio de Janeiro) e a São Paulo, que é servida por gasoduto proveniente da Bacia de Campos (RJ).

A seguir, apresenta-se um resumo da experiência do uso do GNC nas cidades mencionadas.

3.2.3.1 Natal

Os estudos preliminares foram efetuados em 1983, e o programa propriamente dito teve início em junho de 1984, com dois ônibus com motores do ciclo Otto-GM-292-CII, adaptados para trabalhar com álcool ou gás puro, construídos pela Companhia Industrial Vila Matilde. Posteriormente, os testes utilizaram 3 ônibus com motores do ciclo Otto (100% gás) e 2 ônibus bicombustíveis (óleo diesel mais gás).

O abastecimento era feito através de caminhões-feixes, que traziam cilindros abastecidos a partir da plataforma de Guamoré, a cerca de 200

km de distância de Natal. Esta plataforma abastece o Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba, e queimava milhões de metros cúbicos de gás.

Com o aumento do número de veículos a gás, houve a necessidade de instalação de um posto de compressão e abastecimento, em outubro de 1987, na garagem da Empresa Guanabara. Este posto foi dotado de 4 compressores, tendo capacidade para o abastecimento de 140 veículos. Em 1991, havia 6 ônibus movidos a óleo diesel e gás e 27 movidos a gás puro [4].

Quanto aos resultados obtidos, o Dr. Luís Augusto Maranhão Valle, Presidente do Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros do Rio Grande do Norte, sustenta que houve má administração do programa, com falta de estímulo oficial e prejuízos por parte dos empresários que investiram no programa [24]. Em sua opinião, o uso do “gás natural no ônibus é complicado por falta de definições públicas e não por causa do empresário privado” [25].

3.2.3.2 Salvador

Em setembro de 1985, um convênio firmado entre a extinta EBTU (Empresa Brasileira de Transportes Urbanos), o Grupo Ultra e a Transur (Empresa de Transporte Urbano de Salvador) deu início ao experimento com o gás natural comprimido na frota de transporte coletivo por ônibus

desta cidade. O objetivo da experiência era aproveitar o gás produzido pela Refinaria Landolfo Alves, em Candeias.

Foram testados 6 veículos. Destes, 3 eram movidos a gás natural puro e os outros 3 eram bi-combustíveis (óleo diesel mais gás). O gás era proveniente da Refinaria mencionada, transportado em caminhões-tanque de transporte de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Em Salvador, era estocado na estação de compressão, equipada com dois compressores, localizada na garagem da Transur, onde era feito o abastecimento dos veículos.

Em 1991 havia 10 veículos sendo que 5 eram bi-combustíveis e 5 eram movidos a gás puro. Os ônibus bi-combustíveis eram dotados de seis cilindros, com capacidade de 50 litros cada e os 5 ônibus a gás eram equipados com oito cilindros de 50 litros cada. Destes, 3 eram inicialmente movidos a álcool e já dispunham dos oito cilindros, tendo apenas seus motores sido adaptados para o uso do GNC (Gás Natural Combustível), 1 possuía motor óleo diesel convertido para o uso do GNC e o outro dispunha de um motor M-366-G da Mercedes Benz do Brasil, utilizando o GNC como combustível.

3.2.3.3 Aracaju

O programa foi iniciado em 22 de novembro de 1985, contando com uma frota de quatro veículos, abastecidos por uma estação de compressão

situada no terminal de Carmópolis (Tecarmo), da Petrobrás, com capacidade para até 40 veículos.

Em 1986 iniciaram-se os entendimentos para a conversão de mais vinte veículos adaptados ao uso do GNC ou GNC mais óleo diesel (bi-combustíveis). Em meados de 1988 já circulavam 19 veículos e, em 1989, este número já havia subido para 25 [20]. As empresas participantes eram três: duas empresas de transporte coletivo urbano (Viação Progresso e Viação Halley), que converteram alguns veículos de suas frotas para o uso do óleo diesel mais gás natural e uma empresa de transporte de carga, que utilizava gás natural puro em sua frota de caminhões.

3.2.3.4 Recife

Através de convênio com a EBTU, o Grupo Ultra e empresários locais, teve início, em outubro de 1986, a experiência com o uso do gás natural como combustível veicular. Foi inaugurada a estação de compressão e abastecimento na garagem da empresa de ônibus Rodoviária Machado, situada em Olinda. Esta garagem foi escolhida porque estava próxima ao gasoduto chamado “Nordestão”, que transporta o gás desde Guamaré, de onde é extraído, passando por Natal, João Pessoa e Recife.

A estação possuía capacidade para abastecer simultaneamente até 12 veículos, estimando-se que sua capacidade poderia alcançar 100 veículos diariamente [20]. Em 1987 operavam 13 veículos, dotados de

motores MBB-352, sendo que 6 destes motores eram originalmente movidos a álcool, 6 eram originalmente movidos a óleo diesel e 1 era bi-combustível (óleo diesel mais gás). Segundo relatório elaborado em conjunto com a Prefeitura de Recife, havia a pretensão de adquirir mais 30 veículos utilizando o gás natural como combustível.

Todavia, em 1991, existiam 14 ônibus operando no Programa, sendo 2 destes bi-combustíveis (óleo diesel mais gás) e o restante movidos a gás puro, com motores OM-352 da Mercedes Benz do Brasil adaptados para este combustível [4].

3.2.3.5 Rio de Janeiro

A modalidade ônibus é utilizada por cerca de 89% dos usuários do transporte coletivo no Rio de Janeiro. A experiência com o ônibus a gás é desenvolvida por duas companhias: Auto Viação Reginas e Companhia de Transportes Coletivos (CTC):

- Auto Viação Reginas: Esta empresa, situada em Duque de Caxias, iniciou seu programa através de uma associação com a Petróleo Ipiranga, contando com uma frota inicial de 4 ônibus bi-combustíveis (óleo diesel mais gás natural). O objetivo da experiência foi comprovar a viabilidade técnica da substituição parcial do óleo diesel utilizado

como combustível. Posteriormente, foram acrescentados mais 3 veículos à frota, todos movidos a GNC puro.

A frota bi-combustível roda em linhas de longo percurso, com velocidade média alta na maior parte do itinerário. O motor utilizado foi o OM-352, da Mercedes Benz, montado em chassis OF 1313. A explicação para a escolha deste motor e deste chassis é de que cerca de 90% da frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro os utilizava.

A frota a gás puro fazia uso de um kit italiano da marca Landi-Renzo e de dois kits Wolpac, de fabricação nacional. Os ônibus eram abastecidos na Base de Gás da Petrobrás (BAGÁS), na Refinaria Duque de Caxias, mas havia também o projeto de construção de uma estação de compressão e abastecimento em terreno situado em frente à garagem da Auto Viação Reginas, com capacidade para o abastecimento de 80 veículos.

- Companhia de Transportes Coletivos (CTC): Em 1º de março de 1984 foi celebrado o convênio entre a CTC, a extinta EBTU, FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e a Petrobrás Distribuidora, com o intuito de desenvolver o “Programa de Utilização de Gás Natural Comprimido como Combustível Alternativo em Veículos de Transporte Coletivo Urbano”.

O projeto iniciou-se com uma frota de 4 veículos. Em 28 de dezembro de 1984 foi inaugurado o posto de compressão e abastecimento, situado na garagem da CTC, no bairro de Triagem.

Em junho de 1985 já havia 12 ônibus convertidos e, em 1986, mais um veículo foi adicionado. Destes 13 veículos, 12 eram bi-combustíveis (óleo diesel mais gás natural) e um era movido a gás puro.

Após a ocorrência de sérios problemas para a obtenção de peças de reposição dos kits Rodagás, bem como devido à falta de apoio e de interesse do Governo pelo Programa, ocorreu a desativação gradativa dos veículos, com a sua reconversão para óleo diesel puro. Em maio de 1987, com a desativação dos últimos ônibus, acaba a primeira fase do Programa da CTC.

Mudanças ocorridas no corpo administrativo da CTC renovaram o interesse pelo projeto e, em 3 de dezembro de 1987, iniciou-se a segunda fase do projeto, contando com 3 veículos movidos a GNC. Em 1991 a CTC contava com um total de 27 veículos, sendo 19 destes bi-combustíveis (óleo diesel mais gás natural), 6 movidos a GNC puro e 2 movidos a GNC mais álcool.

3.2.3.6 São Paulo

A São Paulo Transportes (SP-TRANS) é a atual companhia gerenciadora do transporte coletivo na cidade. A partir de 1994, substituiu a Companhia Municipal de Transportes Coletivos (CMTCC), fundada em 1947 e privatizada na gestão atual, com a venda de suas garagens, linhas e veículos. Desse modo, na abordagem histórica é descrito o trabalho da

CMTC no desenvolvimento das experiências com os ônibus a gás neste município.

Desde 1981 a CMTC investiu na pesquisa de combustíveis alternativos para substituir o óleo diesel. As experiências mais importantes foram:

- Dupla Alimentação: óleo diesel mais álcool;

Os resultados obtidos foram insatisfatórios em relação à operação do veículo, com constantes reclamações sobre o seu desempenho.

- Ester Metílico de Óleo de Soja (EMOS): Convênio com a MBB e a STI; Foram testados 2 veículos, apresentando resultados tecnicamente satisfatórios, com rendimento do veículo igual ao do similar a óleo diesel. No entanto, o alto preço do combustível, decorrente da baixa demanda de consumo, tornou o projeto economicamente inviável. A utilização deste combustível também causou náuseas nos usuários dos ônibus.

- Gasóleo de Coque e Óleo Diesel B;

Havia necessidade de alta rotação do estoque de combustível, a fim de que não ocorresse comprometimento do sistema de alimentação do motor.

- Gás Metano (CH₄) Depurado de Aterro Sanitário.

É econômica e tecnicamente viável. De todas as alternativas pesquisadas, a que se revelou mais promissora foi a utilização do gás como combustível, intitulada “Projeto Ônibus a Gás na CMTC”.

Entre 1983 e 1985, através de convênio firmado em conjunto com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) e a Mercedes Benz do Brasil - MBB, foi desenvolvida uma experiência pioneira no uso do gás como combustível: foram testados 10 veículos adaptados para o abastecimento a gás metano (CH₄), proveniente do biogás do Aterro Sanitário de Santo Amaro.

Entre 1986 e 1988 ocorreu o desenvolvimento do motor OM-366-G (ciclo Otto). A sua produção em série foi iniciada em 1989 pela Mercedes Benz do Brasil.

De 1989 a 1991 foi firmado convênio com a MBB e a Petrobrás, tendo a CMTC realizado novas experiências, desta vez utilizando ônibus equipados com motor a gás, ônibus adaptados (bi-combustíveis) para o uso do gás natural e ônibus “ottolizados” (com motores a óleo diesel convertidos para o uso do gás como combustível).

Foram testados 4 veículos movidos a óleo diesel e a gás (bi-combustíveis), sendo que 2 deles eram equipados com motor OM-352 (RODAGÁS) e os outros 2 utilizavam motor OM-352 (AFS-CANADENSE). Receberam críticas dos operadores, sendo considerados ineficientes para o uso em virtude das próprias características do sistema de transporte de passageiros, que exigia muitas paradas durante a operação normal dos veículos.

Quanto aos veículos “ottolizados”, foram experimentados 2 veículos com motor OM-352 (FIPAI). Chegou-se à conclusão de que são econômica

e tecnicamente inviáveis as adaptações de motores a óleo diesel que não sejam novos.

Já os dois ônibus com motores M-366 (ciclo Otto), cedidos pela MBB, apresentaram os resultados mais satisfatórios.

Em 24 de janeiro de 1991, durante o período de experiência dos veículos, houve a promulgação da Lei Municipal N^o 10.950, que determinou a conversão da frota de ônibus óleo diesel urbano para o uso de gás, no período de 10 anos. Esta lei não estabeleceu nenhuma taxa anual de conversão. A CMTC estabeleceu metas de curto e de médio/longo prazo para o “Projeto Ônibus a Gás”, em atendimento à lei mencionada.

A curto prazo, tencionou-se adquirir 250 ônibus a gás, quantidade considerada pelos técnicos da CMTC como ideal para a garagem em fase de adaptação (Araguaia). Quanto ao abastecimento, ficaria a cargo da Petrobrás a construção e operação do posto, bem como a instalação de quatro compressores, com capacidade de 950 m³ por hora cada um, totalizando 3.800 m³ por hora, suficientes para atender aos 250 veículos. A garagem Araguaia, situada no bairro do Pari e distante 8 km do posto de abastecimento de gás da CMTC, foi adaptada para comportar a frota a gás.

Em 1994 a CMTC foi privatizada, com a venda de suas linhas para empresas concessionárias prestadoras de serviços de transporte urbano. A gerência do sistema de transporte ficou a cargo da empresa municipal São Paulo Transportes S.A.

Em 1995 havia 60 ônibus a gás (MBB - O371) circulando em São Paulo. Mais 73 veículos deste mesmo modelo foram incorporados à frota no final do 1º semestre de 1995.

3.2.4 Situação Atual da Frota de Veículos a Gás no Brasil

A tabela 21 traz o panorama mais atualizado disponível sobre o gás natural veicular no país. É importante frisar que, de acordo com informações obtidas na BR DISTRIBUIDORA, desde o final de 1993 não existem mais ônibus bi-combustíveis (óleo diesel mais gás natural) circulando. Os dados referentes a ônibus, portanto, referem-se a veículos que utilizam apenas gás natural puro.

Todos os dados referem-se ao final do ano de 1994, com exceção do número de ônibus na cidade de São Paulo, que incorporou os 73 veículos a gás que entraram na frota ao final do 1º semestre de 1995.

TABELA 21: Veículos Movidos a Gás Natural e Postos de Abastecimento de Gás Natural no Brasil - 1995

CIDADE	POSTOS	TÁXIS	PICK-UPS	ÔNIBUS	CAMINHÕES	TOTAL DE VEÍCULOS
SÃO PAULO	7	7.000	100	133	0	7.233
RIO DE JANEIRO	8	5.000	200	138	60	5.398
ARACAJU	1	25	5	0	9	39
RECIFE	1	10	10	25	9	54
NATAL	1	15	59	22	45	141
FORTALEZA	1	500	58	6	40	604
VITÓRIA	1	0	0	10	0	10
TOTAL:	20	12.550	432	334	163	13.479

FONTE: BR DISTRIBUIDORA e SÃO PAULO TRANSPORTES S/A.

Observa-se que os táxis representam a quase totalidade dos veículos a gás em circulação no país (93,1%), e que os ônibus urbanos representam apenas 2,47% desse total. 93,7% dos veículos estão concentrados nas cidades de São Paulo (53,7% do total de veículos) e Rio de Janeiro (40% do total de veículos).

3.3 Componentes do “Sistema Ônibus a Gás”

Basicamente, o “Sistema Ônibus a Gás” é composto por três componentes: veículos, estações de compressão e abastecimento e rede de distribuição. Neste estudo, a abordagem dos componentes mencionados não levou em consideração seus detalhes mecânicos, restringindo-se à síntese de suas características técnicas.

3.3.1 Veículos

Considerando que as experiências realizadas com veículos bi-combustíveis (óleo diesel mais gás natural) representaram apenas um estágio intermediário na evolução dos ônibus a gás, o presente trabalho analisou apenas os ônibus novos movidos a gás natural puro. No Brasil, a única empresa fabricante de ônibus a gás natural puro, em escala comercial, é a Mercedes Benz do Brasil. Existem ainda projetos de

veículos a gás natural puro em desenvolvimento nas empresas Autolatina do Brasil e Volvo do Brasil, além de um ônibus rodando com motor a gás natural puro desenvolvido pelo CTA (Centro Técnico Aeroespacial), em São José dos Campos. A empresa MWM mantém também um motor a gás natural puro em uma bancada de testes.

O ônibus a gás natural puro difere do seu similar a óleo diesel basicamente em função do motor e dos cilindros de gás. Externamente, os dois tipos de ônibus não apresentam diferenças, pois os cilindros são acondicionados sob o piso do veículo. Feitos de uma liga de cromo-molibdênio, capaz de suportar as altas pressões exigidas para o armazenamento do gás natural, os cilindros aumentam o peso dos ônibus a gás, reduzindo sua autonomia comparativamente aos ônibus a óleo diesel.

3.3.2 Estações de Compressão e Abastecimento

O gás natural é fornecido pela rede de distribuição a uma pressão de 15 a 30 bar. Um compressor eleva a pressão para 200 bar, para que a estação de abastecimento forneça o gás para os ônibus a gás natural. A aparência das estações de compressão e abastecimento pode ser semelhante aos demais postos de serviço de abastecimento de combustíveis líquidos, podendo inclusive haver a distribuição dos dois tipos de combustível (líquidos e gasoso) pela mesma estação, a exemplo do que já ocorre no Canadá.

São compostas por: “compressores, estocagem fixa de gás, baias para abastecimento de veículos e, nas maiores, baias para enchimento de caminhões-feixe. Nesta estação, o gás proveniente do gasoduto passa por um sistema de medição, onde sua pressão é regulada e é quantificado para fins de faturamento da companhia distribuidora. Em seguida, o gás é filtrado, a fim de remover partículas sólidas ou umidade eventualmente presentes no gás, de onde é alinhado para o compressor. Da descarga do compressor, o gás poderá ser direcionado para o sistema de abastecimento” [20].

O abastecimento pode ser realizado através de duas maneiras distintas:

- Abastecimento rápido: o veículo é acoplado ao sistema de enchimento ligado à estocagem fixa de gás e, através de uma série de equalizações com ramais previamente pressurizados, se atinge uma pressão suficiente para garantir a autonomia necessária ao veículo. O tempo da operação dependerá da capacidade da estocagem fixa e do número de cilindros instalados nos veículos [4].
- Abastecimento lento: os veículos se acoplam aos pontos de abastecimento dos ramais ligados diretamente à descarga do compressor. Este sistema tem sido utilizado no abastecimento normal de frotas de ônibus durante o horário ocioso noturno, quando os veículos se encontram parados na garagem. O abastecimento dos veículos é feito em conjunto com a operação de compressão do gás e o

tempo de abastecimento dependerá do número de compressores, da vazão destes compressores e da capacidade de estocagem de gás dos veículos [4].

No Brasil, os investimentos em estações de compressão e abastecimento têm sido realizados pelas companhias distribuidoras de combustíveis (BR Distribuidora, Ipiranga, Grupo Ultra). Existem no mercado, atualmente, estações modulares de compressão e abastecimento, compactas e pré-fabricadas, para instalação imediata, compostas com sistema de compressão e medição de gás, além de sistema de distribuição aos veículos, entre outros equipamentos. Não há necessidade de fundações específicas para estas estações, reduzindo-se ao mínimo a necessidade de obras de infra-estrutura. A vantagem destas estações, portanto, consiste na rapidez de montagem, garantia de eficiência do sistema (pois o mesmo foi planejado para ser totalmente industrializado), adaptabilidade aos postos de serviço já existentes nos centros urbanos e maximização da utilização do espaço disponível, garantindo a antecipação do retorno dos investimentos. As empresas fabricantes destas estações são a Sulzer e a Nuovo Pignone (italiana).

As estações de compressão e abastecimento têm capacidade para abastecer desde 19 veículos até 110 veículos por hora, com uma capacidade de vazão de 280 m³/h a 1.650 m³/h. As duas versões de ônibus a gás comercializadas atualmente pela Mercedes Benz do Brasil

apresentam capacidade de 600 l de gás natural (OH 1315) e 550 l de gás natural (O371 G).

As tabelas 22 e 23 apresentam uma dimensão do investimento necessário para a implantação da estação de compressão e abastecimento. Os dados foram baseados em três configurações de estação, fornecidas pela Petrobrás Distribuidora (duas configurações) e pela empresa Ipiranga (uma configuração). Não foi levado em conta o custo do terreno, mas foram consideradas as possíveis reduções de custo através da produção em escala.

TABELA 22: Características e Montante de Investimento em Estação de Compressão e Abastecimento, Segundo a PETROBRÁS DISTRIBUIDORA (em 1.000 US\$)

ITEM	COMPRESSOR NACIONAL	COMPRESSOR IMPORTADO
NÚMERO DE COMPRESSORES	6 UNIDADES	2 UNIDADES
CAPACIDADE DE COMPRESSÃO (POR UNIDADE)	300 m ³ /h	900 m ³ /h
CAPACIDADE DE COMPRESSÃO TOTAL	1.800 m ³ /h	1.800 m ³ /h
PROJETO	65	40
COMPRESSORES	1.020	600
ESTOCAGEM FIXA (72 X 100 l)	48	48
TUBULAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO	83	47
INSTALAÇÃO ELÉTRICA / SUBESTAÇÃO	87	55
CONSTRUÇÃO CIVIL E MONTAGEM	235	147
CUSTOS EXTRAS	22	13
TOTAL	1.560	950

FONTE: [20].

TABELA 23: Características e Montante de Investimento, Estação de Compressão e Abastecimento, Segundo a PETRÓLEO IPIRANGA

ITEM	CARACTERÍSTICA
NÚMERO DE COMPRESSORES	4 UNIDADES
CAPACIDADE DE COMPRESSÃO (POR UNIDADE)	260 m ³ /h
CAPACIDADE DE COMPRESSÃO TOTAL	1.040 m ³ /h
TUBULAÇÕES E INSTRUMENTAÇÃO	40
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	75
COMPRESSORES	600
INSTALAÇÕES GERAIS, MONTAGEM, PROJETO, ETC.	185
CUSTO TOTAL (EM US\$ 1.000)	900

FONTE: [20].

3.3.3 Rede de Distribuição

Associado ou não ao petróleo, o gás natural vem sendo encontrado, no Brasil, em terra e mar. No continente, a extração é feita através de estruturas conhecidas como “árvores de natal” e, no mar, através de plataformas de perfuração, como aquelas existentes na Bacia de Campos, no litoral fluminense.

Dos campos produtores, o gás natural úmido extraído chega ao continente através de gasodutos, sendo levado às Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN). Ali são retirados os hidrocarbonetos, que formam a gasolina natural, o gás liquefeito e o etano, obtendo-se como produto final o gás natural seco composto principalmente de metano, que é distribuído para vários consumidores, entre eles as companhias distribuidoras, que irão suprir as estações de abastecimento.

O suprimento do gás natural às estações de abastecimento pode ser efetuado por gasodutos ou por caminhões-feixe.

O caminhão-feixe é a alternativa encontrada para suprir de gás estações localizadas a longa distância do gasoduto principal ou de qualquer de seus ramais e, portanto, impossibilitadas de conectar-se diretamente a eles. Normalmente se utilizam cilindros interligados, possuindo uma capacidade de armazenamento de gás de aproximadamente 10.000 litros, o que permite um transporte de 2.000 m³ de gás natural medidos em condições atmosféricas [20].

A malha de gasodutos existente no Brasil é composta de três troncos principais:

- O primeiro é o gasoduto do Nordeste (450 km), ligando Guamaré, no Rio Grande do Norte, a Cabo de Santo Agostinho, em Pernambuco. Atende às cidades de Natal, João Pessoa e Recife;
- O segundo gasoduto interliga os estados de Alagoas, Sergipe e Bahia (500 km), abastecendo suas capitais e, principalmente, o Pólo Petroquímico de Camaçari;
- O terceiro gasoduto liga os estados do Rio de Janeiro e São Paulo (755 km). Ele parte da cidade de Campos (RJ) e vai inicialmente até Duque de Caxias. Daí vai a Volta Redonda (RJ), seguindo depois até a cidade de Suzano, em São Paulo. Este gasoduto é complementado no Rio de Janeiro pela CEG (Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro) e, em São Paulo, pela COMGAS [4].

Há, também, o projeto de um gasoduto que irá, a partir da Bolívia, suprir de gás o território brasileiro. Partindo de Rio Grande até Puerto Suarez, deverá ter 563 km de extensão em território boliviano; a partir de Corumbá, no Mato Grosso do Sul, deverá vir primeiramente até Campinas, no estado de São Paulo, com extensão de 1.803 km. A partir de Campinas, subdividir-se á em dois: a primeira divisão prosseguirá até Guararema, com 153 km de extensão, onde encontrará o gasoduto que liga o Rio de Janeiro a São Paulo. Está prevista também a construção de um gasoduto ligando a cidade do Rio de Janeiro a Belo Horizonte, numa extensão de 356 km. A segunda divisão prosseguirá até Porto Alegre, passando por Curitiba, Itajaí e Criciúma, numa extensão de 1.105 km.

Ao todo, serão 3.417 km de gasodutos, com 563 km em território boliviano e 2.854 km em território brasileiro. Segundo a PETROBRÁS, os diâmetros dos novos gasodutos variarão entre 14 e 28 polegadas. Quatorze estações de compressão serão instaladas ao longo do gasoduto, com 55 compressores e 155.000 HP de potência instalada. O custo desta obra está orçado em US\$ 2 bilhões, com US\$ 400 milhões no trecho boliviano e US\$ 1,6 bilhão no trecho brasileiro. Está prevista a importação de 8 milhões a 16 milhões de metros cúbicos de gás natural por dia.

A Constituição Federal de 5 de outubro de 1988 recebeu a Emenda Nº 5, de 15/08/95, que alterou o texto legal até então vigente, com o intuito de também possibilitar à iniciativa privada o investimento na distribuição de gás natural. Até esta data, tais investimentos estavam a cargo exclusivo das empresas estaduais.

Em virtude da mudança mencionada ser tão recente, não há maneira segura de calcular o impacto desta medida sobre o futuro da distribuição do gás natural no país. O presente trabalho, portanto, não se aprofundou na questão, limitando-se à descrição da situação vigente.

CAPÍTULO IV

CENÁRIOS PARA A SUBSTITUIÇÃO DA ATUAL FROTA DE ÔNIBUS URBANOS DA RMSP

Conforme exposto no Capítulo I, este capítulo apresenta a possibilidade da substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por uma frota de ônibus 100% a gás natural comprimido ou por uma frota de ônibus novos 100% a óleo diesel, obedecendo aos limites do PROCONVE para o ano de 1996, contendo a estimativa dos custos e dos benefícios econômicos e ambientais comparados entre as duas alternativas mencionadas.

4.1 Aspectos Econômicos da Utilização do Gás Natural nos Ônibus Urbanos

4.1.1 Estimativas para a Frota de Ônibus Urbanos da RMSP

Analisou-se a substituição de toda a frota de ônibus urbanos da RMSP por uma nova frota de ônibus 100% a óleo diesel, obedecendo aos limites estabelecidos pelo PROCONVE para o ano de 1996, ou 100% a gás

natural comprimido. Em primeiro lugar, foram estimados os dados operacionais da frota de ônibus urbanos a óleo diesel da RMSP.

Até 1985, a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), vinculada ao Ministério dos Transportes, divulgava os dados relativos à frota nacional de veículos. Após este ano, os dados deixaram de ser publicados. O número de ônibus urbanos utilizados no transporte coletivo na RMSP, em 1985, somava 14.613 veículos. Não estão disponíveis dados mais recentes [21].

Fez-se necessário, portanto, estimar o número de ônibus urbanos a óleo diesel que estão circulando nas frotas dos 39 municípios da RMSP. A base desta estimativa é o trabalho de Guillaumon Filho [14] e os dados operacionais projetados para o mês de maio de 1996 para o município de São Paulo.

* O autor supracitado estimou a frota efetivamente circulante (não levando em conta os veículos da reserva técnica de cada empresa) em 13.000 veículos em 1986. Naquela data, a frota efetivamente circulante do Município de São Paulo (frota total menos reserva técnica) alcançava 8.095 veículos, correspondendo a 62,27% do total da frota da RMSP.

Esta relação foi utilizada para a estimativa da frota de ônibus urbanos da RMSP no ano de 1995.

É importante frisar que, segundo técnicos consultados, não existem ônibus a gás circulando na RMSP além da cidade de São Paulo, e que a quantidade de tróleibus, a nível global, não alcança 5% do total da frota de ônibus urbanos da RMSP. O transporte de passageiros na RMSP,

portanto, é realizado basicamente por ônibus a óleo diesel. Sabe-se que há 133 ônibus a gás na frota da RMSP (todos em São Paulo), mas não foram feitas estimativas específicas para os tróleibus neste estudo.

Também não foram considerados neste estudo os chamados “ônibus clandestinos”, pois, como o próprio termo indica, são veículos não oficializados, que circulam na maioria das vezes sem as devidas condições de segurança, conduzidos por motoristas nem sempre aptos para exercer esta função. Apresentam operação diferenciada dos demais ônibus urbanos em relação a periodicidade, trajetos e horários, o que dificulta a quantificação do número de veículos, bem como o seu desempenho. Este transporte alternativo tem tráfego concentrado em “horários de pico”, de modo a maximizar a arrecadação das catracas. O condutor do veículo é, geralmente, seu proprietário ou pessoa da família do proprietário. Estima-se que, no Município de São Paulo, existam cerca de 2.000 destes ônibus. Não há dados disponíveis para a avaliação do número de “ônibus clandestinos” em outros municípios da RMSP.

Segundo projeção de dados operacionais do sistema de transporte coletivo do Município de São Paulo para o mês de maio de 1996 [26], a frota total de ônibus operando oficialmente no Município, através das empresas contratadas para o transporte de passageiros, somava 11.874 veículos. Destes 11.174 (94,10%) circulavam efetivamente, constituindo os 700 restantes (5,90%) a reserva técnica das empresas prestadoras desta modalidade de serviço. Esta projeção levou em conta os dados operacionais realizados no período de junho de 1995 a maio de 1996.

Havia, também, 133 ônibus a gás natural puro, fabricados pela Mercedes Benz do Brasil, e 423 tróleibus.

Subtraindo-se os ônibus a gás existentes (133 unidades) e os tróleibus (423 unidades) da frota municipal (11.874 unidades), obteve-se 11.318 (95,32% da frota) como o número total de veículos movidos a óleo diesel. Para estimar a frota efetivamente circulante de ônibus a óleo diesel, subtraiu-se a reserva técnica, calculada em 668 veículos (correspondente a 5,90% do total dos ônibus a óleo diesel). Assim sendo, estimou-se que há 10.650 ônibus a óleo diesel circulando efetivamente em São Paulo, percorrendo uma média de 65.438.441 quilômetros por mês..

Segundo o estudo de Guillaumon Filho [14], a frota efetivamente circulante de ônibus urbanos do Município de São Paulo corresponde a 62,27% do total da frota de ônibus urbanos da Região metropolitana de São Paulo. Deste modo, a frota de ônibus a óleo diesel efetivamente circulante da RMSP pode ser estimada da seguinte forma: $10.650 \text{ veículos} / 0,6227 = 17.103 \text{ veículos}$, que percorrem 105.088.230 quilômetros mensalmente ($65.438.441 \text{ km} / 0,6227$). Considerando, a exemplo do município de São Paulo, que estes 17.103 veículos movidos a óleo diesel também correspondam a 94,43% do total da frota de ônibus urbanos a óleo diesel da RMSP, esta seria, por sua vez, estimada em 18.175 veículos ($17.103 \text{ veículos} / 0,941$). Os 1.072 veículos restantes (5,9% do total) corresponderiam à reserva técnica da frota da RMSP.

O consumo de óleo diesel dos ônibus do sistema de transporte coletivo de São Paulo é de 0,40 litros por quilômetro rodado. Desse modo, a estimativa do volume de óleo diesel necessário para o abastecimento da frota circulante da cidade de São Paulo é de 26.175.376 litros (65.438.441 km X 0,40 l/km). A estimativa do volume de óleo diesel necessário para o abastecimento da frota circulante de ônibus urbanos da RMSP é de 42.035.292 litros (105.088.230 km X 0,3963 l/km).

O número de passageiros transportados mensalmente no município de São Paulo pelos 11.174 veículos da frota efetivamente circulante foi estimado em 161.104.488. Temos, portanto, uma média mensal de 14.418 passageiros por ônibus. Calculou-se, então, em 153.551.700 (14.418 passageiros/ônibus X 10.650 ônibus) o total de passageiros transportados mensalmente pelos ônibus a óleo diesel na cidade de São Paulo. Para a RMSP, a estimativa é de 246.591.054 passageiros (14.418 passageiros/ônibus X 17.103 ônibus) transportados mensalmente pelos ônibus a óleo diesel.

O preço pago pelo óleo diesel consumido, considerando os dados da São Paulo Transportes (1 litro de óleo diesel = R\$ 0,3089) e o valor do câmbio do dólar comercial médio referente ao mês de maio de 1996 como US\$ 0,9964 = R\$ 1,00, é de US\$ 0,31 por litro. Este valor é menor do que o preço do óleo diesel nas bombas dos postos de abastecimento (R\$ 0,376 por litro = US\$ 0,377/l) porque, sendo fornecido a grandes frotistas, recebe desconto. Desse modo, gasta-se no município de São Paulo, mensalmente, US\$ 8.114.366,56 (US\$ 0,31/ l X 26.175.376 l) para o

abastecimento da frota de ônibus urbanos, e a estimativa deste gasto para a frota circulante da RMSP é de US\$ 13.030.940,52 (US\$ 0,31 / l X 42.035.292 l).

De acordo com a PETROBRÁS, o percentual de aproveitamento médio de óleo diesel num barril de petróleo (159 litros) é de 32,9% (52,31 litros). Desse modo, pode-se estimar que são necessários, mensalmente, 500.390 barris de petróleo para o abastecimento da frota de ônibus urbanos da cidade de São Paulo (26.175.376 l / 52,31 l/barril), e também pode-se estimar que são necessários, mensalmente, 803.580 barris de petróleo para o abastecimento da frota de ônibus urbanos da RMSP (42.035.292 l / 52,31 l/barril).

Considerando-se a média entre os preços FOB dos barris de petróleo importados do tipo “Brent” e “Texas W”, praticados no mercado internacional em maio de 1996, estimou-se que o valor médio do barril de petróleo importado é de US\$ 19,59. Desse modo, sem contar os custos de seguro e de frete, calculou-se que o abastecimento da frota municipal de ônibus urbanos gera um dispêndio mensal de divisas para o País de US\$ 9.802.640,10 e o abastecimento mensal da frota de ônibus urbanos da RMSP gera um dispêndio de divisas de US\$ 15.742.132,20 para o País.

A tabela 24 contém uma síntese dos dados estimados.

TABELA 24: Estimativa do Dados Operacionais Mensais do Transporte Urbano Por Ônibus a Óleo Diesel na RMSP

ITEM	MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	RMSP
FROTA TOTAL	11.318	18.175
RESERVA TÉCNICA	668	1.072
FROTA EFETIVAMENTE CIRCULANTE	10.650	17.103
PASSEGEIROS TRANSPORTADOS	153.551.700	246.591.054
QUILOMETRAGEM TOTAL PERCORRIDA	65.438.441	105.088.230
QUILOMETRAGEM MÉDIA POR VEÍCULO	6.144	6.144
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL (LITROS POR QUILOMETRO)	0,40	0,40
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DA FROTA (LITROS)	26.175.376	42.035.292
PREÇO DO ÓLEO DIESEL (US\$ / LITRO)	0,31	0,31
CUSTO TOTAL DO ÓLEO DIESEL CONSUMIDO PELA FROTA (US\$)	8.114.366,56	13.030.940,52
CORRESPONDÊNCIA DO ÓLEO DIESEL CONSUMIDO EM BARRIS DE PETRÓLEO	500.390	803.580
PREÇO FOB DO BARRIL DE PETRÓLEO IMPORTADO (US\$/ BARRIL)	19,59	19,59
DISPÊNDIO DE DIVISAS PARA O ABASTECIMENTO DA FROTA (US\$)	9.802.640,10	15.742.132,20

FONTE: [20] [26].

4.1.2 Cálculo dos Valores Médios dos Veículos

4.1.2.1 Ônibus a Óleo Diesel

Em termos de valor, quando o presente estudo considerou a substituição da frota de ônibus urbanos da RMSP, levou em consideração a existência de dezenas de modelos a óleo diesel em operação. Este procedimento foi realizado com o intuito de evitar a simples comparação

com os modelos similares movidos a gás natural comprimido, visto que o valor médio de toda frota de veículos não seria levado em consideração.

Adotou-se como valor do “ônibus médio a óleo diesel” da frota de transporte urbano da RMSP o valor do “ônibus médio a óleo diesel” do município de São Paulo que, de acordo com as informações do Sistema de Transporte Urbano por Ônibus do município de São Paulo, corresponde a US\$ 108.251,93 em maio de 1996 [26].

4.1.2.2 Ônibus a Gás Natural Comprimido

No caso dos dois modelos de ônibus a gás existentes, não obstante apenas um deles estar sendo utilizado na frota municipal de São Paulo (monobloco O 371 G), para a obtenção do valor do “ônibus médio a gás” utilizaremos a média de preços entre os ônibus monobloco O 371 G (US\$ 131.896,11) e encarroçado convencional com chassis MBB OH1315 G (US\$ 88.506,08). Desse modo, o valor do “ônibus médio a gás” é de US\$ 110.201,10 (1,8% mais caro que o veículo médio a óleo diesel). O valor do câmbio do dólar utilizado para o cálculo dos veículos médios, a óleo diesel e a gás natural comprimido, corresponde ao câmbio do dólar comercial médio no mês de maio de 1996 (pois os valores divulgados pela Prefeitura Municipal de São Paulo correspondem à média dos preços, em reais, para o mês de maio de 1996) [26].

4.1.3 Hipóteses Adotadas para a Substituição da Atual Frota de Ônibus a Óleo Diesel da RMSP

A tabela 25 traz uma comparação entre duas possibilidades de substituição de toda a frota de ônibus urbanos da RMSP: por veículos novos, movidos a óleo diesel, obedecendo aos limites do PROCONVE para o ano de 1996 ou a gás natural comprimido, bem como os custos derivados de cada escolha.

TABELA 25: Substituição da Frota de Ônibus Urbanos da RMSP Por Veículos Novos a Óleo Diesel ou a Gás Natural Comprimido

ITEM\ COMBUSTÍVEL UTILIZADO	ÓLEO DIESEL	GÁS NATURAL COMPRIMIDO
CUSTO DO VEÍCULO MÉDIO (1.000 US\$)	108,252	110,201
FROTA TOTAL (UNIDADES)	18.175	18.175
CUSTO TOTAL DE AQUISIÇÃO DA FROTA (EM 1.000 US\$)	1.967.480	2.002.903
PREÇO DO COMBUSTÍVEL	0,31US\$ / l	0,248 US\$ / m ³
CONSUMO MÉDIO DE COMBUSTÍVEL	0,40 l / km	0,5 m ³ / km
QUILOMETRAGEM MENSAL DA FROTA (km)	105.088.230	105.088.230
CONSUMO MENSAL DE COMBUSTÍVEL DA FROTA	42.035.292 l	52.544.115 m ³
CUSTO MENSAL DE COMBUSTÍVEL DA FROTA (EM US\$ 1.000)	13.031	13.031
CUSTO DO POSTO DE ABASTECIMENTO MÉDIO (EM 1.000 US\$)	-	1.000
NÚMERO DE POSTOS UTILIZADOS	-	182
CUSTO TOTAL DOS POSTOS DE ABASTECIMENTO (EM 1.000 US\$)	-	182.000
CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA FROTA, (US\$ / km)	1,57	1,57
CUSTO TOTAL MENSAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA FROTA (EM 1.000 US\$)	164,989	164,989
PREÇO DA PASSAGEM (EM US\$)	0,80	0,80
PASSAGEIROS TRANSPORTADOS MENSALMENTE	246.591.054	246.591.054
RECEITA MENSAL DO SISTEMA (EM 1.000 US\$)	197.273	197.273
RESULTADO OPERACIONAL MENSAL DO SISTEMA (EM 1.000 US\$)	32.284	32.284
TEMPO DE AMORTIZAÇÃO DO INVESTIMENTO COM TAXA DE JUROS DE 18% AO ANO	92 meses	100 meses

FONTE: [4] [26].

Na análise dos dois casos de substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP (100% da frota a óleo diesel ou 100% da frota a gás natural comprimido), o valor dos veículos novos correspondeu ao valor do veículo médio a óleo diesel ou do veículo médio a gás natural comprimido, já calculados. O total da frota levou em conta o total de ônibus urbanos em circulação mais a reserva técnica de veículos. Os dados sobre quilometragem e consumo de combustível também correspondem às estimativas realizadas para a RMSP. Considerando a existência de toda a infra-estrutura de postos de abastecimento para os veículos movidos a óleo diesel, devem ser incluídos nos cálculos de custos do sistema de transporte urbano apenas os custos de aquisição das estações de compressão e abastecimento dos ônibus a gás. Foi considerada, para este fim, a estação de compressão e abastecimento dos ônibus a gás natural comprimido descrita por Balassiano [4], com custo de instalação de US\$ 1 milhão e capacidade para o atendimento diário de 100 veículos. O número de estações de compressão e abastecimento necessárias para atender o sistema a gás levou em conta a frota total da RMSP, contando com a eventualidade da necessidade do total da frota (frota circulante mais reserva técnica) para o atendimento do transporte urbano em situações especiais.

O custo mensal de operação e manutenção da frota a óleo diesel foi calculado, em maio de 1996, em US\$ 1,59 / km, considerando a soma mensal dos custos de combustível, lubrificantes, rodagem (pneus, câmaras e protetores), consumo da sapata de carvão, pessoal (motoristas,

cobreadores, fiscais, técnicos das oficinas, encargos sociais, vales-refeição), consumo de peças/acessórios e o custo fixo da frota de reserva técnica, detalhados na planilha de custos do sistema de transporte coletivo do município de São Paulo. Não foram considerados os custos de depreciação de veículos, instalações e equipamentos, bem como o custo de pessoal da área administrativa e a taxa de remuneração das empresas prestadoras do serviço de transporte.

O preço da passagem do ônibus urbano foi calculado com base no preço vigente no município de São Paulo e convertido pelo dólar médio do mês de maio de 1995.

A estimativa do número de passageiros transportados mensalmente pelo sistema de transporte coletivo por ônibus não levou em consideração isenções ao pagamento da tarifa, a exemplo dos idosos e deficientes físicos, que não passam pelas catracas.

O custo de combustível foi detalhado à parte, em vista do diferencial de rendimento e preços dos combustíveis para os casos dos veículos movidos a óleo diesel e a gás. Considerou-se o mesmo custo de manutenção e operação da frota para as duas categorias de ônibus urbanos (US\$ 1,59 / km).

O resultado operacional mensal do sistema corresponde à sua receita menos o custo total de operação e manutenção da frota.

A taxa de amortização do investimento realizado na aquisição dos veículos e de postos de abastecimento foi estimada em 12% reais ao ano, equivalentes a 0,9488% ao mês.

A vida útil das estações de compressão e abastecimento foi estimada em 20 anos. Considerou-se, portanto, como US\$ 9.100.000,00 o investimento anual nestas estações (US\$ 182.000.000,00 / 20 anos). O investimento nas estações de compressão e abastecimento a ser amortizado levou em conta a vida útil calculada para os ônibus urbanos (8 anos). Esse montante corresponde, portanto, a US\$ 72.800.000,00 (US\$ 9.100.000,00 X 8).

Através da análise da tabela 25, observa-se que o tempo de retorno do investimento foi calculado em 92 meses para os veículos movidos a óleo diesel e 100 meses para os veículos a gás. Considerando uma vida útil de 96 meses para os ônibus urbanos novos (caso do sistema de transporte coletivo adotado no município de São Paulo), conclui-se que o sistema não é rentável, do ponto de vista operacional, para a alternativa que utiliza gás natural em uma nova frota de ônibus urbanos. Sendo o transporte urbano um serviço essencial para a manutenção das atividades normais da população, torna-se necessário o estabelecimento de mecanismos de financiamento compatíveis com a sua importância, sob pena de inviabilização do investimento realizado na aquisição de uma nova frota de ônibus urbanos utilizando este combustível, com consequente prejuízo para todos os usuários desse modal de transporte coletivo.

4.1.4 Disponibilidade de Gás Natural para o Abastecimento da Frota

Em 1994 a produção mensal de gás natural foi de 646 milhões de metros cúbicos (21,5 milhões de metros cúbicos por dia), dos quais 218 milhões de metros cúbicos (33,7% do total) foram perdidos ou reinjetados nos poços. No caso da substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por ônibus a gás, a necessidade mensal de gás natural para seu abastecimento corresponderia a cerca de 52,5 milhões de m³, cerca de 8,1% do total da produção de gás natural ou, ainda, o equivalente a 24,1% do volume de gás natural que é perdido ou reinjetado nos poços. A oferta nacional de gás natural prevista até o ano 2.000, considerando os sistemas de produção existentes, em implantação e dependentes de recursos, não incluindo novas descobertas, é insuficiente para atender à demanda de gás natural do País [27].

Estudos realizados pela PETROBRÁS apontaram a necessidade de ações imediatas visando a expansão da oferta interna, e sua complementação através de importação para atender o crescimento da demanda a partir de 1995 [28].

4.1.5 Cálculo da Economia de Divisas para o País: Economia na Importação de Barris de Petróleo para Refino

O óleo diesel é hoje o derivado que comanda o perfil do refino e, por conseguinte, a importação de petróleo no país [20]. O gasto mensal com a importação de petróleo necessária para refino do óleo diesel que abastece a RMSP foi estimado em US\$ 15,74 milhões. Considerando que atualmente o gás natural é um combustível de origem nacional (pois o gasoduto Brasil-Bolívia ainda não foi construído), pode-se considerar que este valor corresponde à economia mensal de divisas para o país. Anualmente, portanto, a aquisição de uma frota movida a gás natural na RMSP traria uma economia de US\$ 188,88 milhões. Em vista do fato de que o Brasil é um país importador de petróleo e possui considerável dívida externa (cerca de US\$ 169 bilhões em 31/12/94), a economia que a substituição proposta para a RMSP traria reflexos positivos para o Balanço de Pagamentos do país, reduzindo a vulnerabilidade do Brasil a choques externos, recessão nos países que importam produtos brasileiros, aumento do preço do petróleo ou incremento das taxas de juros internacionais.

4.2 Aspectos Ambientais da Utilização do Gás Natural nos Ônibus Urbanos

4.2.1 A Necessidade de Novas Estimativas para os Fatores de Emissão dos Ônibus Novos a Óleo Diesel e a Gás Natural Comprimido

Em 1991 Balassiano defendeu a sua dissertação de mestrado [4] sobre ônibus a gás natural comprimido. O autor estimou fatores de emissão para os ônibus a gás, com dados obtidos a partir do relatório “Os veículos comerciais e o meio ambiente”, da Mercedes Benz do Brasil (de outubro de 1989), e considerou, para a cidade de São Paulo, o desenvolvimento de uma velocidade média de 20 km/h para os ônibus urbanos, trabalhando a 55% de sua potência máxima. Os resultados obtidos, comparados com os fatores de emissão dos veículos movidos a óleo diesel obtidos através da literatura internacional, constam da tabela 26.

TABELA 26: Fatores de Emissão de Ônibus a Óleo Diesel Comparados Com Fatores de Emissão de Ônibus a Gás Natural (em g/km)

POLUENTE/ VEÍCULO	ÓLEO DIESEL	GNC	COMPARAÇÃO GÁS / ÓLEO DIESEL (%)
CO	17,80	32,52	mais 82,70
HC	2,90	6,44	mais 122,07
NO _x	13,00	20,70	mais 59,23
SO _x	5,95	NULO	- 100,00
MP	0,81	NULO	- 100,00

FONTE: [4].

O ônibus a gás natural comprimido apresentou a a vantagem de redução para zero das emissões de SO_x e MP. No entanto, suas emissões de CO, HC e NO_x eram substancialmente superiores, quando comparados àquela categoria de veículos.

Desde 1993 os ônibus a gás natural comprimido comercializados no Brasil pela Mercedes Benz possuem catalisadores, que reduziram drasticamente os fatores de emissão. A velocidade dos ônibus urbanos também variou: em debate promovido pela Comissão de Estudos da Câmara Municipal de São Paulo sobre o Trânsito, em 05/06/95, o Sr. Francisco Cristovam, Presidente da Empresa São Paulo Transportes, gerenciadora do sistema de transporte coletivo por ônibus neste município, revelou que a velocidade comercial média dos ônibus urbanos em São Paulo é de cerca de 15 km/h.

Há, também, necessidade de cálculo dos fatores de emissão dos ônibus novos a óleo diesel, levando em consideração os limites propostos pelo PROCONVE e as condições de fluidez do tráfego existentes. Este trabalho estendeu à frota de toda a RMSP os fatores de emissão dos ônibus a óleo diesel e dos ônibus a gás, estimados a partir dos dados relativos à cidade de São Paulo.

No caso da frota de ônibus a óleo diesel atualmente existente na RMSP, não foram utilizados os mesmos fatores de emissão calculados para os veículos novos, visto que o PROCONVE estabeleceu, em sua Fase I, limites para os veículos pesados novos a óleo diesel comercializados a partir de 01/07/93, e a maioria dos veículos da frota da RMSP tem data de

fabricação anterior a esta data. Argumenta-se, também, que os fatores de emissão descritos pela literatura internacional não mencionam em que condições de tráfego (velocidade média e uso efetivo da potência nominal do motor) foram obtidos. Desta forma, não é recomendável a comparação com os fatores de emissão calculados para a nova frota de ônibus urbanos a óleo diesel. A exceção, neste estudo, é o uso de estatísticas internacionais para o SO_x , cujo valor do fator de emissão em g/kWh não se encontra disponível para os veículos novos.

Nos cenários desenvolvidos, portanto, utilizararam-se apenas os fatores de emissão relativos aos ônibus urbanos novos a óleo diesel e aos ônibus a gás natural puro fabricados a partir de 1993.

4.2.2 Cálculo dos Fatores de Emissão para os Veículos Novos a Óleo Diesel

De acordo com técnicos consultados, os ônibus urbanos possuem motores aspirados (com potência nominal média de 100 kW) e motores turbinados (com potência nominal média de 135 kW). Em média, portanto, este estudo considerou a potência nominal do ônibus médio movido a óleo diesel como sendo a média aritmética das potências nominais mencionadas (117,5 kW). Foi considerado também que os ônibus urbanos da RMSP funcionam com 55% desta potência máxima, em decorrência das suas condições peculiares de operação dentro do ambiente urbano

(congestionamentos e paradas frequentes). Considerou-se como 15 km/h a velocidade comercial média do veículo.

Admitiu-se que os veículos obedecem aos limites previstos pelo PROCONVE para o ano de 1996. Ao trabalhar com a idéia de substituição de toda frota existente na RMSP, estimou-se um fator de emissão médio ponderado (80% do fator da Fase III e 20% do fator da Fase II) para os novos ônibus a óleo diesel. As exceções são o MP (material particulado), que foi calculado com base apenas na Fase III, e o SO_x , cujos limites em termos de fatores de emissão não foram previstos pelo PROCONVE e que foi, portanto, calculado com base nos dados descritos pela literatura internacional. Os fatores de emissão médios derivados do PROCONVE, tomados como base para as estimativas para os valores dos ônibus novos a óleo diesel na hipótese de substituição da frota de ônibus urbanos de transporte coletivo da RMSP, constam da tabela 27.

TABELA 27: Fatores de Emissão Considerados Para Ônibus Novos a Óleo Diesel (em g / kWh)

ITEM	CO	HC	NO_x	MP
FATOR DE EMISSÃO	6,16	1,47	10,08	0,4

A seguir, é apresentado o cálculo dos fatores de emissão, em g/km, para os ônibus urbanos novos, de acordo com a fórmula utilizada por Balassiano [4]: potência média do motor multiplicada pelo fator de emissão e dividida pela velocidade média. No caso do SO_x , foram

utilizados os dados da literatura internacional, que já estão expressos em g/km.

4.2.2.1 Fator de Emissão para CO

É de 6,16 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor como sendo de 64,63 kW (117,5 kW X 0,55), e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(6,16 \text{ g/kWh} \times 64,63 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 26,54 \text{ g/km}$.

4.2.2.2 Fator de Emissão para HC

É de 1,47 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor como sendo de 64,63 kW (117,5 kW X 0,55), e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(1,47 \text{ g/kWh} \times 64,63 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 6,33 \text{ g/km}$.

4.2.2.3 Fator de Emissão para NO_x

É de 10,08 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor como sendo de 64,63 kW (117,5 kW X 0,55), e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(10,08 \text{ g/kWh} \times 64,63 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 43,43 \text{ g/km}$.

4.2.2.4 Fator de Emissão para SO_x

Foram considerados os dados obtidos a partir da literatura internacional e o resultado obtido foi de 5,95 g/km.

4.2.2.5 Fator de Emissão para MP

É de 0,4 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor como sendo de 64,63 kW (117,5 kW X 0,55), e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(0,4 \text{ g/kWh} \times 64,63 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 1,72 \text{ g/km}$.

4.2.3 Cálculo dos Fatores de Emissão para os Veículos Novos a Gás Natural Comprimido

A potência nominal do motor 366G, utilizado nos ônibus a gás comercializados pela Mercedes Benz do Brasil, é de 110 kW. De acordo com técnicos da Mercedes Benz consultados, a partir de 1993, devido à utilização de catalisadores, as emissões de poluentes correspondem a apenas 50% dos limites de emissões fixados pela norma EURO II (correspondente à Fase IV do PROCONVE) para o CO, HC e NO_x, não apresentando emissões de SO_x e MP. Desta forma, os fatores de emissão que serviram de base para os cálculos relacionados aos ônibus a gás natural puro constam da tabela 28, detalhada a seguir.

TABELA 28: Fatores de Emissão Considerados Para Ônibus Novos a Gás Natural Puro (em g / kWh)

ITEM	CO	HC	NO _x	SO _x	MP
FATOR DE EMISSÃO	2,0	0,55	3,5	0	0

4.2.3.1 Fator de Emissão para CO

É de 2,0 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor a gás natural puro como sendo de 60,5 kW (110kW X 0,55), e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h.

Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(2,0 \text{ g/kWh} \times 60,5 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 8,07 \text{ g/km}$.

4.2.3.2 Fator de Emissão para HC

É de 0,55 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor a gás natural puro como sendo de 60,5 kW $(110\text{kW} \times 0,55)$, e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(0,55 \text{ g/kWh} \times 60,5 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 2,22 \text{ g/km}$.

4.2.3.3 Fator de emissão para NO_x

É de 3,5 g/kWh. Ao transformá-lo em g/km, deve-se considerar a potência média do motor a gás natural puro como sendo de 60,5 kW $(110\text{kW} \times 0,55)$, e a velocidade média do veículo como sendo de 15 km/h. Desse modo, o fator de emissão, em g/km, será dado pela fórmula $(3,5 \text{ g/kWh} \times 60,5 \text{ kW} / 15 \text{ km/h}) = 14,12 \text{ g/km}$.

4.2.3.4 Fatores de Emissão para SO_x e MP

Devido à não emissão dessas classes de poluentes pelos ônibus a gás natural comprimido, foram considerados como sendo zero seus fatores de emissão para estas classes de poluentes.

A tabela 29 apresenta os fatores de emissão comparados entre os ônibus a óleo diesel novos e os ônibus a gás novos.

TABELA 29: Fatores de Emissão de Ônibus a Óleo Diesel Comparados Com Fatores de Emissão de Ônibus a Gás Natural (em g/km)

POLUENTE/ VEÍCULO	ÓLEO DIESEL	GNC	COMPARAÇÃO GÁS / ÓLEO DIESEL (%)
CO	26,54	8,07	- 69,59
HC	6,33	2,22	- 64,93
NO _x	43,43	14,12	- 67,49
SO _x	5,95	NULO	- 100,00
MP	1,72	NULO	- 100,00

A análise da tabela 29 mostra que, para todos os poluentes analisados, o ônibus a gás natural puro apresenta redução significativa em relação aos ônibus a óleo diesel, com a mesma velocidade média de operação urbana (15 km/h) e com a utilização da mesma potência (55% da potência nominal do veículo). De acordo com o que foi relatado, com exceção do SO_x, todos os fatores de emissão para os ônibus a óleo diesel da RMSP foram calculados utilizando os limites previstos pelo PROCONVE para o ano de 1994, segundo as condições próprias da RMSP.

É importante ressaltar que os fatores de emissão dos ônibus novos a diesel, de acordo com os limites estabelecidos pelo PROCONVE para o ano de 1996 são maiores do que os fatores de emissão descritos pela dissertação de mestrado de Balassiano [4]. Este fato decorre da utilização, por parte daquele autor, de dados da literatura internacional para o cálculo dos fatores de emissão, ao passo que, no presente estudo, buscou-se o cálculo dos fatores de emissão de acordo com condições reais de tráfego do transporte coletivo por ônibus da RMSP, de acordo com os limites de emissão vigentes. A exceção é a classe de poluentes SO_x . Como não há limites de emissão propostos pelo PROCONVE, utilizaram-se, em ambos os casos, os fatores de emissão baseados na experiência internacional.

4.2.4 Cenários Considerados para a Substituição da Atual Frota de Ônibus Urbanos da RMSP

No presente estudo foram desenvolvidos 2 cenários para a substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por ônibus movidos a óleo diesel, obedecendo às normas estabelecidas pelo PROCONVE para o ano de 1996, ou por ônibus movidos a gás natural comprimido (GNC). Os dois cenários consideram uma substituição total da atual frota de ônibus urbanos da RMSP. Os cenários mencionados correspondem a:

- CENÁRIO I: 100% de ônibus novos a óleo diesel, obedecendo às normas estabelecidas pelo PROCONVE para o ano de 1996;
- CENÁRIO II: 100% de ônibus a gás natural puro.

Os cenários são considerados com emissões atmosféricas expressas em valores absolutos: a estimativa da quilometragem mensal da frota de ônibus urbanos a óleo diesel na RMSP (105.088.230 km por mês) servirá como base para o cálculo das emissões atmosféricas da frota de ônibus urbanos da RMSP em toneladas por mês, que consta da tabela 30.

TABELA 30: Cenários Para Substituição da Atual Frota de Ônibus a Óleo Diesel da RMSP Por Ônibus Novos a Óleo Diesel ou a Gás (em toneladas/mês)

CENÁRIO / POLUENTE	CO	HC	NO _x	SO _x	MP
CENÁRIO I	2.789	665	4.563	625	181
CENÁRIO II	848	233	1.484	0	0

Observou-se que a introdução do ônibus a gás na frota de ônibus urbanos da RMSP seria acompanhada pela redução das emissões de todos os poluentes. Na tabela 31 esta redução pode ser melhor observada ao se comparar o cenário I (100% ônibus novos a óleo diesel, obedecendo aos limites previstos pelo PROCONVE para o ano de 1996) com base 100.

TABELA 31: Cenários Para Substituição da Atual Frota de Ônibus a Óleo Diesel da RMSP Por Ônibus Novos a Óleo Diesel ou a Gás (em porcentagem)

CENÁRIO / POLUENTE	CO	HC	NO _x	SO _x	MP
CENÁRIO I:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
CENÁRIO II:	30,40	35,04	32,52	0	0

Na comparação entre os cenários I e II, conclui-se que uma nova frota de ônibus urbanos a gás natural comprimido na RMSP emitiria cerca de 70% a menos CO, 65% a menos de HC e 67% a menos de NO_x quando comparada com uma frota similar a óleo diesel.

A tabela 32 traz a comparação dos cenários I e II com as estimativas de emissão para a RMSP e para todos os veículos movidos a óleo diesel da RMSP, expressos em valores absolutos e percentuais.

TABELA 32: Estimativa da Redução das Emissões Atmosféricas na RMSP Através de Cenários Comparados (em toneladas/mês)

ITEM / POLUENTE	CO	HC	NO _x	SO _x	MP
TOTAL DE EMISSÕES PELAS FONTES NA RMSP	115.967	19.442	18.109	10.188	6.406
VEÍCULOS A ÓLEO DIESEL (ESCAPAMENTO)	18.167	2.967	13.250	6.083	825
CENÁRIO I	2.789	665	4.563	625	181
CENÁRIO II	848	233	1.484	0	0
REDUÇÃO DAS EMISSÕES: CENÁRIO I - CENÁRIO II	1.941	432	3.079	625	181
REDUÇÃO DAS EMISSÕES COMO PORCENTAGEM DAS EMISSÕES TOTAIS NA RMSP	1,67	2,22	17,00	6,13	2,83
REDUÇÃO DAS EMISSÕES COMO PORCENTAGEM DAS EMISSÕES DOS VEÍCULOS ÓLEO DIESEL DA RMSP	10,68	14,56	23,23	10,27	21,94

Através da análise da tabela 32 é possível concluir que o diferencial nas emissões atmosféricas na RMSP entre a substituição da frota de ônibus urbanos da RMSP por uma frota nova a óleo diesel obedecendo aos limites estabelecidos pelo PROCONVE para o ano de 1996, ou por uma frota a gás natural comprimido representa nítida vantagem para os ônibus a gás (redução de quantidade de emissão para todos os poluentes). O “ganho líquido” em termos de redução das emissões atmosféricas em toda a RMSP através da opção de substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por uma frota a gás, em comparação com a substituição por uma frota nova a óleo diesel, representa 17% (cerca de 1/6) do total de emissões em termos de NO_x, apresentando valores entre 1,6% a 6,1% para as outras classes de poluentes. A nível de “ganho líquido” na redução das emissões dos veículos movidos a óleo diesel na RMSP, estes valores representam 23,23% das emissões de NO_x e 21,94% de MP, apresentando valores entre 10% e 14,5% para as demais classes de poluentes.

A tabela 33 apresenta, em valores ponderais, a estimativa de emissões atmosféricas para os cenários analisados.

TABELA 33: Estimativa Ponderal de Emissões Atmosféricas da Nova Frota de Ônibus Urbanos a Óleo Diesel e a Gás da RMSP Através de Cenários

CENÁRIO / POLUENTE	CO	HC	NO _x	SO _x	MP	TOTAL	TOTAL (EM %)
CENÁRIO I:	2.789	39.900	456.300	95.625	23.530	618.144	100,00
CENÁRIO II:	848	13.980	148.400	0	0	163.228	26,41

Assumindo que, em caso da substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP, o total das emissões estimadas para o Cenário I corresponda a 100%, é nítida a diminuição das emissões, em termos ponderais, com o aumento da participação dos ônibus a gás na composição da frota de ônibus urbanos. Na comparação entre os Cenários I (100% ônibus novos a óleo diesel na RMSP) e II (100% ônibus novos a gás na RMSP), conclui-se que uma nova frota de ônibus urbanos a gás diminuiria as emissões de poluentes atmosféricos para apenas 26,41% das emissões atmosféricas provenientes de uma nova frota de ônibus a óleo diesel.

A tabela 34 traz a comparação dos cenários I e II com as estimativas ponderais de emissão para a RMSP e para todos os veículos movidos a óleo diesel da RMSP, expressos em valores absolutos e em percentuais.

TABELA 34: Estimativa Ponderal da Redução das Emissões Atmosféricas na RMSP Através de Cenários Comparados

ITEM / POLUENTE	CO	HC	NO _x	SO _x	MP	TOTAL
TOTAL DE EMISSÕES PELAS FONTES NA RMSP	115.967	1.166.460	1.810.900	1.558.764	832.650	5.484.741
VEÍCULOS A ÓLEO DIESEL (ESCAPAMENTO)	18.167	178.020	1.325.000	930.699	107.250	2.559.136
CENÁRIO I	2.789	39.900	456.300	95.625	23.530	618.144
CENÁRIO II	848	13.980	148.400	0	0	163.228
REDUÇÃO DAS EMISSÕES : CENÁRIO I - CENÁRIO II	1.941	25.920	307.900	95.625	23.530	454.916
REDUÇÃO DAS EMISSÕES COMO PORCENTAGEM DAS EMISSÕES TOTAIS NA RMSP	1,67	2,22	17,00	6,13	2,83	8,29
REDUÇÃO DAS EMISSÕES COMO PORCENTAGEM DAS EMISSÕES DOS VEÍCULOS ÓLEO DIESEL DA RMSP	10,68	14,56	23,23	10,27	21,94	17,78

Através da análise da tabela 34, conclui-se que o diferencial, em termos de redução das emissões atmosféricas em toda a RMSP através da opção de substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por uma frota a gás, em comparação com a substituição por uma frota nova a óleo diesel, representa 8,29% do total de emissões atmosféricas na RMSP e 17,78% das emissões de todos os veículos movidos a óleo diesel.

4.2.5 Procedimento para a Quantificação Monetária do Benefício Ambiental

Haveria um inequívoco benefício ambiental para a população da RMSP, em virtude da utilização do gás natural na frota de ônibus urbanos da RMSP.

Para quantificar tal benefício, foram utilizados os dados fornecidos por Balassiano [4] como base para os cálculos do benefício monetário advindo da adoção do gás natural em 100% da frota de ônibus urbanos da RMSP. O autor citado estimou o benefício ambiental decorrente da adoção do gás natural em um corredor de ônibus de 30 km de extensão, considerando como sendo 5% o percentual da população residente nas proximidades do corredor de tráfego analisado que é atingida por doenças respiratórias e alérgicas devido à inalação de gases poluentes, e US\$ 100 os custos anuais incorridos com remédios, consultas, exames e internações para os pacientes atingidos pelas enfermidades mencionadas.

Os diferenciais de cálculo propostos neste estudo consistem na consideração de que 5% da população de toda a RMSP é atingida por doenças respiratórias decorrentes das emissões de poluentes, bem como pela adoção da comparação ponderal para a análise do benefício da substituição da frota de ônibus urbanos por ônibus a gás. Este benefício foi estimado através da diferença ponderal entre as emissões de poluentes advinda da substituição da frota atual por uma nova frota a óleo diesel e uma nova frota a gás natural comprimido para a RMSP (Cenário I - Cenário II). Esta diferença será comparada às emissões totais de poluentes em toda a RMSP.

Considerando-se 15,4 milhões o número total de habitantes da RMSP em 1991, seriam 770.000 pessoas atingidas por doenças respiratórias decorrentes das emissões de poluentes na RMSP (15,4 milhões X 0,05).

Considerando-se US\$ 100,00 os custos anuais incorridos com remédios, consultas, exames e internações para os pacientes atingidos pelas enfermidades mencionadas, o gasto anual do percentual da população da RMSP sujeita a doenças respiratórias decorrentes das emissões de poluentes na RMSP alcançaria US\$ 77.000.000,00.

A adoção do gás natural em 100% da frota de ônibus urbanos do sistema de transporte coletivo da RMSP representaria, em comparação com a substituição da frota mencionada por uma nova frota de ônibus 100% a óleo diesel (atendendo aos limites estabelecidos pelo

PROCOMVE para 1996), uma redução ponderal de 8,29% das emissões de todos os poluentes atmosféricos na RMSP.

Utilizando-se este dado como indicador da redução dos gastos anuais da parcela da população da RMSP atingida por doenças respiratórias em decorrência das emissões de poluentes na RMSP, calculou-se em US\$ 6.052.200,00 ($\text{US\$ } 77.000.000,00 \times 0,0786$) o valor do benefício ambiental anual decorrente da redução dos gastos atuais desta parcela da população da RMSP.

4.2.6 Cálculo da Economia de Emissões Anuais de Carbono com Base nos Cenários Apresentados para a RMSP

O consumo mensal de óleo diesel da frota de ônibus urbanos da RMSP no caso do cenário I é de 42.035.292 l/mês, o que equivale a 504.423.504 l/ano. O de gás natural no cenário II é de 52.544.115 m³/mês, que equivale a 630.529.380 m³.

O poder energético do óleo diesel é de 8.653 kcal/l, enquanto que o do gás natural é de 8.865 kcal/m³.

O fator de emissão de carbono do óleo diesel é 19,61 ton de C/TJ, enquanto que o do gás natural é de 13,55 ton de C/TJ.

A emissão de carbono do óleo diesel é de $504.423.504 \text{ l/ano} \times 8.653 \text{ kcal/l} = 4.364.776.580.000 \text{ kcal/ano} = 18.245 \text{ TJ}$, logo a emissão anual de carbono é de $19,61 \text{ ton/TJ} \times 18.245 \text{ TJ} = 357.784 \text{ toneladas}$. A emissão de

carbono do gás natural é de $630.529.380 \text{ m}^3/\text{ano} \times 8.865 \text{ kcal/m}^3 = 5.589.642.954.000 \text{ Kcal/ano} = 23.362 \text{ TJ}$, logo a emissão anual de carbono é de $13,55 \text{ ton/TJ} \times 23.362 \text{ TJ} = 316.555 \text{ toneladas}$. Com isto há uma economia anual de emissões de carbono de $357.784 \text{ ton (diesel)} \text{ menos } 316.555 \text{ ton (gás natural)} = 41.229 \text{ toneladas}$.

O custo total da frota de ônibus da RMSP no caso do cenário I é de US\$ 1,967 bilhões (vida útil estimada em 8 anos), o que gera um custo anual de US\$ 246 milhões. No caso do cenário II, o custo da frota é de US\$ 2,002 bilhões (vida útil estimada em 8 anos) e das estações de compressão e abastecimento é de US\$ 0,182 bilhões (vida útil estimada em 20 anos), o que dá um custo anual de US\$ 250 milhões para a frota e de US\$ 9 milhões para as estações de compressão e abastecimento. O custo total anual é de US\$ 259 milhões. O custo adicional anual da frota a gás é de US\$ 259 milhões (frota a gás) menos US\$ 246 milhões (frota a diesel) = US\$ 13 milhões.

Conclui-se que investindo-se, anualmente, US\$ 13 milhões a mais, haveria economia de 41.229 toneladas de carbono. Cada tonelada de carbono economizada custaria US\$ 315,31. A nível de economia de carbono, considera-se que um investimento considerado “ótimo” situe-se abaixo de US\$ 50 por tonelada de carbono economizada, e que um investimento considerado “bom” situe-se entre US\$ 50 e US\$ 70 por tonelada de carbono economizada. O investimento em uma nova frota de ônibus a gás natural comprimido, comparativamente ao investimento numa

nova frota de ônibus a óleo diesel, representaria, portanto, US\$ 315,31 por tonelada de carbono economizado. Observando-se a questão apenas pela economia de carbono, este investimento poderia ser classificado, seguramente, como “não recomendável”.

CAPÍTULO V

ASPECTOS INSTITUCIONAIS ENVOLVIDOS NA UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL NA FROTA DE ÔNIBUS URBANOS DA RMSP

Este Capítulo, ao analisar os fatores institucionais que permeiam o uso do gás natural, também destacou as posições de diversos agentes econômicos sobre o tema, procurando identificar as ações necessárias para favorecer a substituição da atual frota de ônibus urbanos a óleo diesel por ônibus a gás natural comprimido.

Tendo em vista o benefício ambiental da opção pelo gás natural veicular na frota de ônibus urbanos corresponder à redução de 8,29% na emissão ponderal de poluentes atmosféricos na RMSP, procurou-se destacar potenciais iniciativas que, concomitantemente ou não à substituição da atual frota de ônibus a óleo diesel por ônibus a gás, pudessem ser utilizadas no intuito de atenuar o quadro atual da poluição atmosférica no âmbito da RMSP.

5.1 A Competência do Governo Federal para a Realização de Medidas de Incentivo ao Uso do GNV

Através do Decreto Presidencial de 18 de julho de 1991, foi constituída a "Comissão do Gás Natural", com o intuito de propor diretrizes e indicar as ações a serem adotadas para viabilizar o aproveitamento do gás natural, visando contribuir para o desenvolvimento do país e de suas regiões [29]. Após a implantação da Comissão, foi criada a Subcomissão de Usos do Gás Natural, pela Portaria Nº 6 do MINFRA/SNE (Ministério da Infra-Estrutura / Secretaria Nacional de Energia), de 16/09/91, com o objetivo de analisar, do ponto de vista técnico e econômico, o gás natural como substituto de outros energéticos. Esta Subcomissão foi constituída por representantes da Petrobrás (através da BR Distribuidora), SNT (Secretaria Nacional dos Transportes), DNC (Departamento Nacional dos Combustíveis), ABEGÁS (Associação Brasileira do Gás), SINDICOM (Sindicato das Empresas Distribuidoras de Combustíveis), ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) e FETRANSPOR (Federação das Empresas de Transporte Rodoviário do Leste Meridional do Brasil), tendo seus trabalhos a coordenação da BR Distribuidora e da SNT.

Foram discutidos os desequilíbrios preocupantes entre a oferta e demanda do óleo diesel, bem como o fato da não existência de alternativas técnica e economicamente viáveis para este energético.

Com base em estudos da PETROBRÁS, foi editada a Portaria CNP-69, de 21/06/89, modificada pela Portaria Nº 33 do DNC, de 09/12/91, que estabelece a estrutura de preços para o gás natural em veículos, vigente até o presente, constante da tabela 35.

TABELA 35: Estrutura de Preços Para o GNV

ITEM	% PREÇO ÓLEO DIESEL
PREÇO DE VENDA DA PETROBRÁS (2) (4)	33,60
PREÇO DE VENDA AO CONSUMIDOR (4)	79,16
MARGEM DE DISTRIBUIÇÃO GLOBAL (3) (4)	45,56

FONTE: Portarias Nº 69 do CNP, de 21/06/89 e Nº 33 do DNC, de 09/12/91.

- (1) Preço do óleo diesel, categoria Grande Consumidor, na área do Rio de Janeiro;
- (2) Preço de Venda da PETROBRÁS, correspondente a 74% do preço do gás natural para fins combustíveis fixado pelo DNC;
- (3) Margem a ser rateada entre a Companhia Estadual de Gás e o Distribuidor de GNV;
- (4) Preços sujeitos à incidência de ICMS e IVVC.

Considerando como US\$ 0,377 o preço do litro do óleo diesel vendido na bomba dos postos de combustível, calcula-se que o preço do metro cúbico de gás natural, vendido nas mesmas condições, seja de US\$ 0,298 por metro cúbico. No caso dos grandes frotistas, como empresas de ônibus urbanos, há um desconto. O preço do litro do óleo diesel, para os empresários de ônibus, é de US\$ 0,31 por litro de óleo diesel e de US\$ 0,247 por metro cúbico de gás natural. Sendo o preço do gás natural, com desconto, correspondente a 80% do preço do óleo diesel (e não 79,16%,

como era de se esperar), entende-se que o desconto oferecido no caso do óleo diesel foi ligeiramente inferior ao desconto oferecido para o gás natural para os grandes frotistas.

Com relação ao GNV, havia a Portaria N^o 1.061, de 08/08/86, do então Ministério das Minas e Energia, limitando o uso do GNV à substituição do óleo diesel no transporte urbano de passageiros e no transporte de cargas.

Posteriormente, o segmento de táxis também foi abrangido: "No que diz respeito ao mercado consumidor para GNV, as pressões exercidas pela sociedade para a autorização do uso do gás natural em táxis resultaram na edição da Portaria do MINFRA N^o 222, de 04/10/91, liberando o uso do gás natural para este segmento de mercado. A Portaria N^o 222 limita o uso do GNV para os táxis ao volume equivalente usado na substituição de óleo diesel em frotas de ônibus e frotas cativas de carga, onde houver disponibilidade de gás" [29].

A Portaria N^o 222 do MINFRA foi modificada pela Portaria N^o 553, de 25/09/92, que estende a autorização para utilização do gás natural para fins automotivos "em frotas cativas de empresas e de serviços públicos ... que operem em localidade onde este combustível for disponível". Portanto esta última portaria revogou o limite de GNV para táxis ao volume equivalente à substituição de óleo diesel em frotas cativas de carga, onde houver disponibilidade de gás.

É necessário "compatibilizar a demanda de gás natural para o segmento de transportes com a escassa disponibilidade do produto para

comercialização em determinadas regiões, o que impõe uma abertura seletiva, racional e limitada do mercado de táxis, muito mais atrativo economicamente para todos os envolvidos do que o segmento de transporte coletivo e de carga, favorecido pelos fortes subsídios ao óleo diesel" [29].

Outras questões relevantes, levantadas quando da discussão do GNV, referiam-se ao estabelecimento de critério para o rateio da margem de distribuição entre as empresas distribuidoras de GNV e as Companhias Estaduais de Gás, bem como à constatação de que as regiões não servidas por gasodutos seriam prejudicadas em termos de distribuição do GNV quando comparadas às regiões servidas por gasodutos.

As conclusões da Subcomissão mencionada apontavam a falta de viabilidade econômica da aplicação do GNV para utilização exclusiva no segmento de transporte coletivo urbano, pois o abastecimento da frota de ônibus é normalmente realizada à noite, deixando o posto ocioso durante o dia. A alternativa considerada viável consistiria na "combinação de incentivos, via isenção/redução de impostos incidentes sobre o GNV e sobre os compressores, associada a um programa de recuperação do preço relativo do óleo diesel" [29].

Foram mencionadas também as dificuldades de ordem política na compatibilização de solução desta natureza nas esferas de governo Federal, Estadual e Municipal .

A nível Federal, é importante observar que haveria economia de divisas para o país em consequência da utilização do GNV (combustível de

origem nacional) em substituição ao óleo diesel (importado ou produzido através do refino do petróleo importado) consumido pelas frotas de transporte urbano e de carga e à gasolina consumida pelos veículos leves (táxis). Haveria, também, gás natural suficiente para o abastecimento do transporte coletivo urbano e dos táxis na RMSP e em outras regiões do país.

A adoção do GNV como combustível veicular insere-se nos objetivos do PLANGÁS de aumentar a participação do gás natural na matriz energética brasileira. Compete à esfera Federal, através do FINAME, o estabelecimento de incentivos ao financiamento à aquisição de ônibus urbanos, bem como o incentivo à pesquisa acadêmica (através da CAPES e do CNPQ) para a melhoria da tecnologia existente e ampliação das possibilidades de uso do GNV.

Também compete à esfera federal, através da PETROBRÁS, a pesquisa e exploração de petróleo e gás natural no país, incluindo a construção do gasoduto Brasil-Bolívia (no qual a PETROBRÁS terá 51% de participação), que ampliará a quantidade de gás disponível para uso no Brasil.

Para a consecução deste estudo ocorreram frequentes dificuldades de obtenção de dados relativos à experiência do GNV no Brasil. Em parte, estas dificuldades derivam do caráter descentralizado dos diversos experimentos realizados com o GNV, geralmente a nível de prefeituras de regiões metropolitanas, a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro e Natal.

Como se pode depreender através da análise das experiências com o uso do GNV no Brasil, a falta de estímulo ao uso do GNV, a nível governamental, aliado ao caráter descentralizado dos experimentos, e à falta de transmissão do “know how” adquirido pelos empreendedores, constituíram-se nos principais fatores que vêm limitando a expansão do GNV nas frotas de ônibus urbanos no Brasil. Em 1993, foi criado o Subgrupo do Uso Automotivo do Gás Natural, que indicou a necessidade da “indicação de um agente (MME, Câmara Setorial, etc.) com poder político que venha a executar as ações de coordenação, implementação e fiscalização do desenvolvimento do programa” [30].

É necessário e imprescindível criar um órgão com tais atribuições, especificamente para tratar da questão do gás natural veicular. Este órgão, contendo representantes dos três níveis de Governo, empresários ligados ao setor e representantes da sociedade civil, também deveria objetivar a discussão e o estabelecimento, a nível legal, dos rumos e do incentivo governamental ao Programa de Estímulo ao Uso do GNV no Brasil. Este órgão também deveria constituir um “Banco de Dados do GNV” com disponibilidade de informações atualizadas sobre as fontes e usos do gás natural, o acompanhamento das experiências com implantação de programas de GNV nas diversas regiões brasileiras, bem como disponibilidade de dados sobre as frotas de veículos individualizadas por categoria (ônibus, veículos de passeio, táxis, utilitários), a nível municipal, metropolitano, estadual e nacional, e o histórico das

experiências, tecnologias disponíveis e fontes de financiamento, no Brasil e no exterior, para o uso do GNV.

5.2 A Competência dos Governos Estaduais para a Realização de Medidas de Incentivo ao Uso do GNV

Primeiramente, faz-se necessário distinguir a existência de duas categorias de estados quanto à utilização do GNV: os estados servidos por gasodutos e os estados não servidos por gasodutos. Como o GNV só poderá ser utilizado onde estiver disponível, apenas os estados servidos por gasodutos seriam beneficiados pela adoção do GNV em suas frotas de transporte urbano e de carga. Haveria, portanto, uma diferenciação dos veículos quanto ao combustível utilizado e potencial de locomoção dentro do território nacional, impedindo o seu uso em alguns estados (por exemplo: os ônibus a gás natural vindo de São Paulo não poderia ser utilizado em Mato Grosso do Sul, que não possui malha de gasodutos).

Compete aos Estados a coordenação de ações para a questão da redução da poluição ambiental nas regiões metropolitanas: coube à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo a realização da campanha de rodízio dos veículos, em agosto de 1995, objetivando a diminuição das emissões atmosféricas incidentes sobre os 39 municípios que compõe a RMSP.

Também cabe aos estados a definição sobre a política de transporte envolvendo suas respectivas Regiões Metropolitanas. Em São Paulo, há um projeto para a construção do “Anel Viário Metropolitano”, que desviaria do município de São Paulo o tráfego de grande parte dos caminhões e demais veículos que utilizam atualmente esta cidade apenas como ponto de correspondência. Ao Governo do Estado de São Paulo, enquanto responsável pela administração da Companhia do Metropolitano (metrô) e da Companhia de Trens Metropolitanos de São Paulo (CTPM), compete o delineamento de políticas e a execução de medidas para o incentivo à utilização e à melhoria da qualidade do transporte coletivo.

As empresas estaduais de distribuição de gás poderão, de acordo com a Emenda N^o 5 à Constituição Federal de 1988, conceder às empresas privadas a concessão dos serviços que lhe competem. Como cláusulas contratuais das referidas concessões poderão haver medidas que objetivem o incentivo ao uso do GNV, a exemplo da garantia de fornecimento de GNV às frotas de transporte coletivo urbano com menor lucratividade em relação aos demais consumidores (táxis).

Aos estados compete o incentivo à utilização do GNV, através da redução do IPVA devido pelos veículos que utilizam este tipo de combustível. Também é de competência estadual o incentivo à utilização do GNV através da redução/isenção do ICMS devido pelos fabricantes de veículos a gás e de peças para estes veículos, bem como a redução/isenção do ICMS devido pelos distribuidores do GNV. Deve ser mencionada,

também, a possibilidade de incentivo à aquisição de veículos através do financiamento a ser realizado por bancos estaduais.

A pesquisa sobre o GNV, a nível acadêmico, pode ser incentivada através da ação de órgãos estatais de incentivo à pesquisa, a exemplo da FAPESP.

5.3 A Competência dos Governos Municipais para a Realização de Medidas de Incentivo ao Uso de GNV

As Prefeituras, a exemplo dos estados, também estão sujeitas à disponibilidade do gás natural em seus territórios para a utilização do GNV. Está no âmbito de sua competência a concessão de redução/isenção do IVV para os postos que comercializam o GNV e concessão de redução/isenção do ISS e do IPTU para as empresas de transporte coletivo urbano que possuam veículos a gás natural.

Há necessidade de definição dos objetivos claros da utilização do GNV nos municípios, concomitantemente com a integração entre as diversas esferas de governo. Esta definição possibilitará a viabilização do GNV, visando torná-lo econômica e tecnicamente viável nos municípios, sob risco da perda do investimento realizado pelas empresas devido a mudanças das políticas executadas pela própria administração municipal ou por outras esferas de governo (Estado e União).

No caso da RMSP, já há rede de gasodutos para o abastecimento de GNV, bem como uma frota de cerca de 7.000 táxis e 133 ônibus utilizando este combustível. A Prefeitura de São Paulo sancionou a Lei Nº 10.950 em 24/01/91, estabelecendo que a totalidade da frota de ônibus urbanos de transporte coletivo movida a óleo diesel teria que ser substituída por ônibus movidos a gás natural até o ano 2.001. Entretanto, não foi estabelecida nenhuma porcentagem anual de modificação do perfil da frota. Cinco anos após o sancionamento da Lei mencionada, verificou-se que os 133 ônibus a gás natural existentes na cidade de São Paulo correspondem a apenas 1,18% do total de ônibus urbanos a óleo diesel de sua frota.

Cabe às Prefeituras Municipais a definição de políticas objetivando o tráfego urbano de veículos. Como foi observado no Capítulo I, são os veículos os principais responsáveis pela emissão dos poluentes que afetam a qualidade de vida dos habitantes da RMSP. Os congestionamentos tendem a elevar as emissões de poluentes, agravando ainda mais este quadro. Em São Paulo, a política de priorização do transporte individual, em detrimento do transporte coletivo, tende a gerar congestionamentos frequentes, acarretando perda de tempo, de dinheiro e até de vidas (no caso de acidentes graves que não podem ser atendidos a tempo devido ao lento fluxo do tráfego), bem como perda de atratividade da cidade para a instalação de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços, além de aumentar desnecessariamente o consumo de combustível pela frota de veículos e a emissão de poluentes na atmosfera.

Apesar de estar prevista para os próximos anos a construção, por empresas privadas, de 15 novos corredores urbanos de ônibus na cidade de São Paulo, com o objetivo de aumentar a velocidade média desta modalidade de transporte, a mentalidade de incentivo ao transporte individual ainda persiste: “enquanto nas grandes cidades do Mundo se discutem formas de viabilizar o transporte coletivo ao centro das cidades, em São Paulo discute-se a criação de garagens subterrâneas no próprio centro para que os carros particulares possam lá estacionar” [31].

A questão do trânsito é complexa e depende, em certos casos, de variáveis que estão além do alcance das políticas de caráter estritamente municipal, como por exemplo:

- Desde o Plano Real, o preço dos combustíveis não vem acompanhando a inflação: com o combustível “mais barato”, em termos reais, cresce o incentivo à utilização do transporte individual na RMSP. A definição dos preços dos combustíveis, apesar da influência do IVV (de competência municipal), é de competência federal.
- Outros modais de transportes coletivos urbanos utilizados pelos habitantes da RMSP, como o trem e o metrô, são administrados pelo Estado, embora situados geograficamente dentro da área dos 39 municípios da RMSP. Atualmente, devido à grave crise orçamentária do Estado de São Paulo, não há previsão para investimentos na ampliação e modernização destes modais, apesar de haver clientela potencial.

Como resultado, os sistemas de ônibus urbanos ficam sobrecarregados e não podem atender de maneira satisfatória os seus usuários.

- A RMSP, em geral, e a cidade de São Paulo, em particular, recebem um expressivo fluxo de veículos que buscam apenas correspondência para o acesso a outras cidades fora da RMSP. Grande parte destes veículos são caminhões, que sobrecarregam o seu sistema viário, congestionando o trânsito, além de emitir poluentes na atmosfera da RMSP. A qualidade de vida dos habitantes da RMSP acaba sendo prejudicada. A construção do “Anel Viário Metropolitano” desviaria estes veículos dos sistemas viários dos municípios da RMSP, amenizando esta situação. No entanto, tal obra está afeita à competência do Governo Estadual que, devido a seus graves problemas orçamentários, não se encontra em condições de investir nas obras de infra-estrutura que seriam necessárias.

Certas políticas municipais poderiam ser implantadas para melhorar a situação do trânsito, com conseqüente redução da emissão de poluentes na RMSP, a exemplo de:

- Mudanças no zoneamento urbano, de modo a adequar certas regiões à sua real capacidade viária, evitando a instalação empresas industriais, comerciais e de serviços, que atraem veículos;
- Medidas de incentivo ao uso do GNV, menos poluente do que o óleo diesel, para as frotas de transportes coletivos urbanos;

- Maior rigor na fiscalização do trânsito urbano e a punição dos abusos cometidos pelos motoristas através da aplicação de multas mais elevadas;
- Restrição da circulação de veículos pesados, principalmente nos horários de maior fluxo de tráfego e nos locais mais sujeitos a congestionamentos: na cidade de São Paulo, por exemplo, algumas empresas encarregadas da coleta de lixo circulam durante o dia; apesar de haver economia decorrente da redução de despesas de pessoal através do não pagamento de adicional por hora noturna trabalhada, os veículos responsáveis pela coleta prejudicam desnecessariamente o fluxo do trânsito urbano;
- Remuneração das empresas prestadoras dos serviços de transporte coletivo por ônibus na RMSP através de critérios que também levem em conta a quilometragem percorrida nas linhas, como já ocorre no município de São Paulo: em geral, estas empresas são remuneradas por passageiro catracado e não terão interesse na exploração de linhas com menor demanda de passageiros, em especial as de longo percurso, que poderão não ser economicamente vantajosas para a operação. Deste modo, um critério que também leve em conta a remuneração pela quilometragem percorrida pelos ônibus urbanos propiciará a exploração de linhas que hoje não são economicamente viáveis, recebendo passageiros que hoje não têm acesso a esta modalidade de transporte e utilizam o transporte individual em seus deslocamentos;

- Operação integrada dos diversos modais de transportes coletivos: os municípios poderiam criar, conjuntamente com o Estado e com as empresas operadoras do sistema de ônibus urbanos, um Sistema Metropolitano de Transporte Coletivo Urbano, com o objetivo de racionalizar, aumentar a eficiência e o alcance dos diversos modais de transportes coletivos urbanos. O referido Sistema poderia constituir um Fundo de Gerenciamento dos Transportes da RMSP, com a competência de investir em estudos sobre as correspondências necessárias para a efetiva integração modal do sistema, tarifação (inclusive a viabilidade da cobrança de tarifa unificada nos transportes coletivos da RMSP), planejamento estratégico dos modais de transporte, alternativas para a redução da poluição atmosférica através de medidas como a gaseificação da frota de ônibus urbanos da RMSP, incluindo a realização de estudos técnicos sobre a possibilidade de construção e operação de estações de compressão e abastecimento para ônibus a gás. O referido Fundo poderia ser custeado com porcentagem da tarifa cobrada no sistema de transporte coletivo da RMSP;
- Definição de horários diferenciados para o funcionamento dos estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços na RMSP;
- A instalação de “semáforos inteligentes”, com o objetivo de aumentar a fluidez do tráfego nas vias urbanas;
- Adoção de catracas eletrônicas para os ônibus urbanos da RMSP, de maneira gradual, para possibilitar a absorção dos atuais cobradores em outras funções, nas empresas de transporte urbano ou em outras

empresas fora desta área: esta medida reduziria os custos operacionais do transporte urbano, potencializando a redução da tarifa;

- estímulo ao transporte solidário e à utilização de ônibus fretados, com o objetivo de diminuir a utilização do transporte individual.

5.4 A Opinião dos Empresários do Ramo de Transportes Urbanos Coletivos Por Ônibus Sobre a Adoção do GNV Como Combustível da Frota de Ônibus da RMSP

Um grave empecilho para a continuidade e expansão do uso do GNV nos ônibus urbanos é a resistência dos empresários em adotá-lo. Esta atitude decorre da falta de mercado para ônibus a gás usados, pois os empresários das capitais têm por prática comum a venda dos veículos a cidades do interior, após 4 anos de uso, em média [4]. Dada a inexistência de extensa rede de gasodutos, a utilização do gás em cidades menores fica ameaçada e a prática de venda mencionada teria que ser abandonada, lesando os empresários do setor.

Outro ponto a ser considerado, segundo o SINDICOM, é a garantia do suprimento de GNV para as frotas, visto que o combustível não pode ser estocado nos mesmos níveis estratégicos que o óleo diesel, estando portanto sujeito a interrupções no abastecimento em virtude de greves, problemas de natureza operacional por parte da rede de distribuição ou fortes desequilíbrio entre a oferta e a demanda do produto [32].

O preço dos ônibus a gás ainda é, em média, 1,44% superior ao do ônibus a óleo diesel médio da frota de transporte urbano da RMSP. O custo de aquisição da frota de ônibus a gás, aliado à necessidade de instalação da estação compressora, representa elevado custo fixo adicional em relação ao custo fixo demandado pela aquisição de veículos movidos a óleo diesel. Estes custos teriam, necessariamente, que ser repassados às tarifas do sistema de ônibus urbano, para garantir o retorno dos investimentos realizados.

O peso dos cilindros é um fator que ainda limita a plena autonomia do veículo a gás em relação ao veículo a óleo diesel (270 km/dia para o ônibus a gás, contra 500 km/dia do veículo a óleo diesel). Segundo os dados do município de São Paulo, a quilometragem média mensal por ônibus urbano da frota circulante é de 6.144 km (cerca de 205 km por dia, considerando-se um mês de 30 dias), compatível com a autonomia de ambos os veículos.

Em termos operacionais, não haveria economia no custo do combustível para os veículos a gás em comparação com o custo de combustível dos veículos movidos a óleo diesel. Poderia haver economia efetiva se o preço do gás natural fosse mais vantajoso quando comparado ao do óleo diesel. Este incentivo representaria importante atrativo para os empresários, principalmente se a redução de custos de combustível com a adoção do gás natural não fosse repassada às planilhas de custos do sistema de transporte urbano, o que representaria um incentivo da sociedade (usuários do sistema ou governos municipais, através de

subsídio à tarifa) às empresas prestadoras de serviços de transportes urbanos.

Em termos operacionais, dados os preços dos dois combustíveis considerados para os grandes distribuidores, ambos os sistemas são lucrativos, não havendo, neste particular, obstáculos para a gaseificação da frota, mesmo tendo vista o fato de que os ônibus a óleo diesel apresentam tempo de retorno menor do investimento realizado em comparação com os ônibus a gás.

Os empresários do setor querem as estações de compressão e abastecimento em suas garagens, por razões logísticas quanto à facilidade e menor distância a ser percorrida para o abastecimento dos ônibus. No entanto, segundo o relatório da Subcomissão de Usos do Gás Natural, as estações de compressão e abastecimento, se utilizadas apenas para o abastecimento dos ônibus urbanos, são inviáveis economicamente. Há, ainda, a questão da indefinição do preço futuro do GNV a ser utilizado pela frota: continuará “atrelado” ao valor do óleo diesel ou levará em conta os custos efetivamente incorridos pela PETROBRÁS, Companhias Estaduais de Gás e Distribuidores de GNV?

5.5 A Opinião dos Usuários e dos Operadores dos Transportes Urbanos Coletivos Por Ônibus Sobre a Adoção do GNV Como Combustível dos Ônibus da RMSP

Primeiramente, faz-se necessário apresentar, através da tabela 36, a importância do ônibus dentre os diversos modais de transporte coletivo de passageiros na RMSP.

TABELA 36: Divisão Modal do Transporte Coletivo e Passageiros Transportados Diariamente na RMSP em 1987 (em 1.000)

MODAL DE TRANSPORTE COLETIVO	NÚMERO DE PASSAGEIROS	PERCENTUAL
METRÔ	1.442	11,02
TREM	1.121	8,57
ÔNIBUS URBANOS	9.435	72,14
ÔNIBUS FRETADOS	917	7,02
OUTROS	163	1,25
TOTAL	13.078	100,00

FONTE: [33].

Os ônibus urbanos representam um modal de transporte coletivo responsável por 72,14% dos passageiros transportados diariamente na RMSP. Por possuir esta magnitude, influi sobre as atividades de milhões de pessoas. É importante, ao se analisar a possibilidade de substituição da atual frota de veículos por ônibus a gás natural comprimido, analisar também quais serão as possíveis vantagens e desvantagens do sistema para seus milhões de usuários.

Em 1992 a CMTC, à época a empresa municipal responsável pelo gerenciamento do sistema de transportes coletivos do Município, realizou

uma pesquisa entre os operadores e usuários dos ônibus a gás, para medir o grau de aprovação à experiência que realizava. A CMTC foi privatizada em 1994, com o repasse das suas linhas de operação de ônibus urbanos para empresas privadas, sendo que a atual gerenciadora do sistema é a empresa municipal São Paulo Transportes S.A.. O resultado da pesquisa consta da tabela 37.

TABELA 37: Ônibus a Gás: Pesquisa de Opinião Junto à População Usuária

OPINIÃO	NÚMERO ABSOLUTO	PORCENTAGEM
APROVAÇÃO	96	89
DESAPROVAÇÃO	5	5
NÃO OPINARAM	7	6
TOTAL	108	100

FONTE: [34].

O ônibus a gás recebeu 89% de aprovação entre os passageiros e operadores dos ônibus urbanos, e apenas 5% de desaprovação. É importante frisar que, do ponto de vista do passageiro, o veículo a óleo diesel e a gás são similares, pois as diferenças (motor e cilindros) estão sob o piso do veículo.

Indubitavelmente, a vantagem ambiental será vista pela população como um fator de destaque para o ônibus a gás quando comparado com o ônibus a óleo diesel.

Um outro ponto relevante para a operação em áreas urbanas é o nível de ruído do veículo: os ônibus a gás emitem 3,75% menos ruídos (77 decibéis) do que os ônibus a óleo diesel (80 decibéis). Este é um fato

extremamente positivo, tanto para os usuários e operadores do veículo, quanto para os que estão em sua proximidade (motoristas e pedestres). No entanto, não obstante as vantagens mencionadas, há a questão do maior investimento necessário para a implantação do sistema de ônibus a gás (aquisição de veículos e instalação da estação de compressão e abastecimento), que terá necessariamente que se refletir em maiores tarifas ou em subsídio para a compensação dos custos do sistema. A tarifa de US\$ 0,72 já é excessivamente alta para o poder aquisitivo médio da população, e um aumento do preço das passagens acabaria por excluir mais passageiros do sistema.

Existem várias formas de evitar este repasse de custos: diminuição dos preços do gás natural utilizado pelos ônibus urbanos em relação ao óleo diesel, subsídio por parte do poder público, diminuição da remuneração do investimento realizado pelos empresários no sistema, formas combinadas das hipóteses supracitadas.

5.6 A Visão dos Distribuidores de GNV Sobre a Adoção do GNV Como Combustível para a Frota de Ônibus Urbanos da RMSP

Em primeiro lugar, há a questão institucional da atual estrutura de preços do GNV, regulamentada pela Portaria N^o 69, de 21/06/89, e modificada pela Portaria N^o 33 do DNC, de 09/12/91, que estabelece o rateio da margem de distribuição entre a Companhia Estadual de Gás e o

distribuidor de GNV. Segundo a Subcomissão de Uso do Gás Natural em Veículos, esta margem, aliada à ociosidade do posto de combustível durante o dia, fora do horário de abastecimento dos ônibus, inviabiliza economicamente as estações em garagens de ônibus. A definição desta questão reveste-se da mais alta importância para a determinação da viabilidade do GNV para o abastecimento dos ônibus urbanos da RMSP, no presente e no futuro. Uma das alternativas apresentadas pela Subcomissão de Uso do Gás Natural em Veículos foi o estabelecimento de um “mecanismo compensatório”, a ser aplicado por meio da recuperação do preço do óleo diesel [29].

Outra alternativa proposta pela Subcomissão mencionada leva em conta que a liberação do GNV para utilização nos táxis, com esta frota incorporando-se aos veículos leves já autorizados (pick-up's e utilitários), deverá contornar o problema da disponibilidade e tornar a atividade rentável para o distribuidor de GNV, como também alavancar o uso prioritário do gás, que é a substituição do óleo diesel. Deve ser destacado que, devido à maior atratividade econômica para os usuários da utilização do gás natural em veículos leves, o preço desse combustível poderá ser diferenciado [29].

A solução para o problema passa, necessariamente, pela necessidade clara da garantia do suprimento, a médio e longo prazo, da quantidade de gás necessária (produção nacional mais a importação do gás boliviano) para possibilitar a utilização do GNV em larga escala, com transparência dos custos efetivamente incorridos pela PETROBRÁS, Companhias

Estaduais de Gás e Distribuidores do produto, para o estabelecimento de uma estrutura de preços que garanta a viabilização da utilização do GNV no segmento de ônibus urbanos. Se esta transparência não existir, a continuidade do uso do GNV como combustível alternativo ao óleo diesel na frota de ônibus urbanos estará ameaçada.

O equacionamento dessas questões, de forma a garantir a viabilidade econômica do sistema, é fundamental para o incremento do GNV, tanto a nível da RMSP como a nível nacional. Neste estudo analisou-se o sistema de transportes coletivos por ônibus da RMSP como um todo, não se enfocando diretamente a questão da viabilidade das estações de compressão e abastecimento individualmente.

5.7 O Mercado de Ônibus no Brasil e as Possibilidades de Atendimento à Demanda Potencial Por Ônibus a Gás Natural Comprimido na RMSP

O primeiro ponto a ser colocado é que, apesar de haver projetos de motores e de ônibus a gás em andamento em diversas companhias (Autolatina, Volvo, MWM), a comercialização do ônibus a gás natural comprimido constitui, atualmente, um monopólio da Mercedes Benz do Brasil.

No caso da substituição da frota de ônibus urbanos da RMSP, primeiramente há o questionamento acerca da capacidade da empresa mencionada de fornecer os 17.182 veículos necessários, visto ser esta

empresa a única fabricante destes ônibus em escala comercial. Os ônibus a gás só estão sendo produzidos, atualmente, sob encomenda. Este é um forte indício da existência de baixa procura por ônibus a gás, possivelmente resultante das indefinições, anteriormente apontadas, a respeito da experiência do GNV.

A produção de ônibus pelas montadoras de veículos instaladas no país, em 1993, foi de 18.835 veículos, apresentando queda de 22,1% em relação aos 24.186 veículos produzidos em 1992. A Mercedes Benz foi responsável por 77,4% do total de ônibus produzidos em 1993 (14.571 unidades), em seguida veio a Autolatina, com 7,8% (1.471 unidades), a Scania do Brasil, com 6,1% da produção (1.154 unidades), Volvo do Brasil, com 5,5% da produção (1.037 veículos) e Ford do Brasil, com 3,2% (602 veículos).

Não estão disponíveis dados sobre a capacidade instalada das empresas de ônibus, tampouco quantos ônibus a gás poderiam ser produzidos anualmente pela empresa que atualmente detém o monopólio de sua fabricação em escala comercial. Desse modo, não foram feitas estimativas em relação ao tempo necessário para a substituição da atual frota de ônibus urbanos da RMSP por ônibus a gás natural comprimido, limitando-nos a informar que, se tal substituição ocorresse num único ano, seria equivalente ao total da produção, consideradas todas as montadoras instaladas no país, de 91,2% do total de ônibus fabricados no ano de 1993 e de 71% do total de ônibus fabricados em 1992 [21].

A concorrência entre várias empresas para a produção de ônibus a gás resultaria em potencial redução do preço dos veículos, melhoria da tecnologia atualmente existente e capacidade de suprir as necessidades da RMSP para renovar sua frota de ônibus urbanos utilizando veículos movidos a GNC.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

6.1 Aspectos Ambientais

Com base nas análises efetuadas nos Capítulos precedentes, destaca-se que a emissão de poluentes pelos veículos automotores apresenta contribuição preponderante no tocante ao volume total de emissões de poluentes atmosféricos medidos na RMSP.

A utilização do gás natural comprimido nos ônibus urbanos da frota de transporte coletivo da RMSP apresenta inequívoco benefício ambiental. Comparativamente à substituição da atual frota de ônibus a óleo diesel que compõe o transporte coletivo na RMSP, por uma nova frota, obedecendo aos limites estabelecidos pelo PROCONVE para 1996, uma nova frota de ônibus a gás natural representaria redução de 69,59% nas emissões de CO, 64,93% nas emissões de HC, 67,49% nas emissões de NO_x, e de 100% nas emissões de SO_x e de MP. A redução mensal de emissões atmosféricas na RMSP foi estimada, de acordo com cada categoria de poluentes, entre 10,23% e 23,23% das emissões de todos os veículos movidos a óleo diesel da RMSP. Deve ser mencionado que as emissões dos ônibus urbanos são realizadas exatamente nos locais onde há

maior concentração de pessoas, a exemplo da região central da cidade de São Paulo, que enfrenta crônico problema de poluição atmosférica. Assim sendo, realça-se o papel do ônibus a gás como agente capaz de contribuir para a melhoria das condições atmosféricas na RMSP.

Em termos ponderais, que levam em conta os efeitos biológicos das diversas classes de poluentes, permitindo a comparação entre eles, estimou-se em 8,29% a redução das emissões de poluentes atmosféricos na RMSP. É importante lembrar que, a nível ponderal, as estimativas apresentadas não representam efetivamente a realidade da RMSP, mas, na melhor das hipóteses, uma aproximação desta realidade, conforme argumentação constante do item 2.7.2.

6.2 Aspectos Econômicos

O ônibus a gás natural comprimido é fabricado, em escala comercial, apenas pela Mercedes Benz do Brasil, disponíveis em dois modelos. Em toda RMSP, há 133 ônibus a gás natural comprimido, correspondentes a 0,73% do total de ônibus urbanos a óleo diesel. O custo destes veículos a gás é 1,8% superior à estimativa do custo médio dos ônibus a óleo diesel que compõe a frota de transporte coletivo urbano da RMSP. A substituição da atual frota de ônibus urbanos a óleo diesel da RMSP por uma nova frota de ônibus a óleo diesel custaria US\$ 1,967

bilhões; a aquisição de uma nova frota de ônibus a gás custaria US\$ 2,002 bilhões.

A utilização do gás natural comprimido nos ônibus urbanos da frota da RMSP representaria economia de divisas para o País de cerca de US\$ 201,8 milhões por ano em óleo diesel importado, ou ainda, de US\$ 188,9 milhões em barris de petróleo importados, tendo em vista que o gás natural é um combustível de origem nacional.

O volume de gás necessário para este abastecimento corresponderia a cerca de 8,1% do total da produção nacional em 1994, e a cerca de 24% do volume de gás que foi perdido ou reinjetado nos poços, no mesmo período. Está prevista a construção do Gasoduto Brasil-Bolívia, que possibilitará a garantia de fornecimento de gás natural suficiente para o abastecimento de toda uma frota de ônibus a gás na RMSP.

O valor do benefício ambiental advindo da utilização do ônibus a gás natural comprimido, quando comparado a uma nova frota de ônibus a óleo diesel na RMSP, foi estimado em US\$ 6,05 milhões anuais.

O custo de combustível seria igual para os dois sistemas. Entretanto, a inexistência de mercado para ônibus a gás usados (devido à inexistência de rede de gasodutos que permita a utilização generalizada desses veículos), aliado ao fato de que o preço do veículo ainda é, em média, superior ao similar a óleo diesel, resulta em menor rentabilidade do sistema de transporte coletivo por ônibus a gás, em comparação com o ônibus a óleo diesel. Estes fatores, aliados à falta de garantia de suprimento de gás natural e à impossibilidade de estoque do produto (ao

contrário do que ocorre com o óleo diesel), ainda representam um entrave à sua utilização pelos empresários do setor de transporte coletivo urbano.

6.3 Aspectos Institucionais

Há falta de coordenação, entre as diversas esferas de governo, para a implementação de políticas comuns quanto ao uso do gás natural veicular nos ônibus urbanos. O caráter descentralizado dos experimentos com gás natural veicular em ônibus urbanos por sua vez, possibilitou a repetição de erros na condução das experiências que poderiam ter sido facilmente evitados se houvesse melhor contato entre os diversos agentes envolvidos. Há, portanto, necessidade de um órgão central, com poder de decisão política, responsável pela execução das ações de coordenação, implementação e fiscalização do Programa.

Os Governos Federal, Estaduais e Municipais podem, no âmbito de suas competências, oferecer incentivos fiscais, créditos e auxílio técnico aos interessados em explorar o gás natural nos ônibus urbanos.

O monopólio de fabricação dos veículos impede que os benefícios advindos de uma situação de concorrência, como diferenciais de preços e tecnologias, beneficiem os potenciais empresários interessados na adoção do GNV em suas frotas de ônibus urbanos.

Há necessidade de maiores estudos sobre as possíveis alternativas para a redução da poluição atmosférica na RMSP, a exemplo de estímulo a

outros modais de transportes coletivos, como o metrô, para que se possa comparar os custos e os benefícios de cada uma delas quando comparadas à alternativa representada pelo ônibus movido a gás natural comprimido.

Assim sendo, propõe-se o equacionamento destas questões como preâmbulo necessário para possibilitar a efetiva implantação do gás natural veicular em larga escala para a frota de ônibus urbanos da RMSP, sob pena de investimento de significativo volume de recursos numa experiência que apresentará, com certeza, alto risco e pouca atratividade.

Referências Bibliográficas

- [1] IBGE, “Anuário Estatístico do Brasil”, Rio de Janeiro, 1993.
- [2] CETESB, “Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 1991”, São Paulo, 127 p.
- [3] EMPLASA, “Plano 2010 da Região Metropolitana de São Paulo”, São Paulo, 1993.
- [4] Balassiano, Ronaldo, “Alternativas Tecnológicas para o Ônibus Urbano: Avaliação do Ônibus a Gás Natural Comprimido, do Tróleibus e de seus Impactos Ambientais Atmosféricos”, Tese de Msc, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1991, 193 p.
- [5] Jornal Folha de São Paulo, “Estudo liga câncer a poluição do ar em SP”, 06/06/94 Pag C1.
- [6] Branco, Gabriel Murgel, “A Participação dos Veículos Automotores na Poluição Atmosférica”, São Paulo, CETESB, 1985, 32 p.
- [7] Abichara, Maria Alice, et alii, “Estado da Arte do Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE”, Curso de Pós Graduação em Saneamento Ambiental da Universidade Mackenzie 9a Turma B, São Paulo, 10/94, 58 p.
- [8] LIQUID CARBONIC, “Liquified Natural Gas for Fleet Vehicles - an Industry Overview”, Chicago, IL, s/d, 42p.
- [9] National Research Council, “Health Effects of Exposure to Diesel

- Exhaust - The Report of the Health Effects of the Diesel Impacts Study Comitee”, National Academy Press, Washington D.C., 1981.
- [10] Branco, Gabriel Murgel e Szwarc, Alfred, “Os Veículos Automotores e o Efeito Estufa”, CETESB, São Paulo, 1992, 7 p.
- [11] Branco, Gabriel Murgel et al., “Controle da Poluição Veicular no Brasil”, CETESB, São Paulo, 03/92, 23 p.
- [12] Lacava, Carlos Ibsen - NPQM et alii, “Operação Inverno - 1994 - Qualidade do Ar”, CETESB, São Paulo, 1994, 29 p.
- [13] Jornal da Tarde, “As Lições do Rodízio”, Editorial, 04/09/95.
- [14] Guillaumon Filho, João André, “A Utilização de Gás Natural em Sistemas de Transportes - Relatório da Comissão Criada pelo CP/027/87, COMGÁS, São Paulo, 1987, 159 p.
- [15] Murgel, E. M. & Szwarc, Alfred, “Condições de Tráfego e a Emissão de Poluentes”, Revista Ambiente, vol. 3, Nº 1, São Paulo, 1989, pp. 59-64.
- [16] Branco, Gabriel Murgel, “Aspectos Ambientais do Sistema de Transportes nos Centros Urbanos”, CETESB, São Paulo, 1991, 10p.
- [17] Branco, Gabriel Murgel et al., “A Evolução das Emissões Veiculares com a Implantação do PROCONVE”, CETESB, São Paulo, 1988, 29p.
- [18] Szwarc, Alfred, “Panorama Actual del Control de Emisiones Diesel en Brasil Y Substitución por Gas Natural”, CETESB, preparado para

- o Simpósio “Protección Ambiental Aplicada por Medio del Uso de Conversores Catalíticos Para Automotores”, Buenos Aires, 10/05/93.
- [19] Ministério das Minas e Energia, “Balanço Energético do Brasil - Ano Base 1994”, Brasília, 1995.
- [20] Almeida, Waldecler Elias, “Uma Análise Comparativa da Utilização dos Ônibus a Gás Natural e a Óleo Diesel”, Dissertação de Mestrado, Universidade do Rio de Janeiro, COPPE, 1991.
- [21] ANFAVEA, “Anuário Estatístico - Statistical Yearbook: 1957 - 1993” São Paulo, 1994.
- [22] Mercedes Benz do Brasil, “Gás Natural para Veículos Utilitários - Aspectos Gerais”, São Bernardo do Campo, 04/93.
- [23] United States General Accounting Office (GAO), “Alternative Fuels: Experiences of Brazil, Canada and New Zealand in Using Alternative Motor Fuels” Washington D.C., May 1992.
- [24] Valle, Luiz Augusto Maranhão, “Ônibus a Gás Natural: a Visão do Empresário”, SETRANS/RN, preparado para o “Seminário sobre Utilização do Gás Natural em Motores Veiculares”, Fortaleza, 10/91.
- [25] Anais do Seminário “O Gás Natural nos Ônibus Urbanos: A Experiência de Quem Vive Esta Tecnologia”, promovido pela ANTP e SENAI-SP, São Paulo, 25/11/92.

- [26] Maluf, Paulo, Prefeito de São Paulo, “Ofício ATL No 128, 05/06/96”
- [27] COMISSÃO DO GÁS NATURAL, “Relatório da Comissão Constituída através do Decreto de 18 de julho de 1991, para Viabilização do Aproveitamento do Gás Natural”, Brasília, 30/03/92.
- [28] PETROBRÁS, “O Gás Natural no Brasil e a Atuação da PETROBRÁS”, s/d.
- [29] COMISSÃO DO GÁS NATURAL, “Relatório da Subcomissão de Usos do Gás Natural em Veículos - GNV”, Brasília, 10/91.
- [30] SUBGRUPO DO USO AUTOMOTIVO DO GÁS NATURAL, “Relatório do Subgrupo do uso automotivo do Gás Natural, criado pelo Grupo de Trabalho Constituído pela Portaria 85/93”, Brasília, 06/93.
- [31] Feldmann, Fábio, “Rodízio, um Exercício de Cidadania Ambiental”, Jornal Folha de São Paulo, pag A3, 11/09/95.
- [32] SINDICOM, “Gás Natural Automotivo: A visão do SINDICOM”, 01/94.
- [33] COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO - METRÔ, “Pesquisa Origem-Destino 1987”, São Paulo, 1987
- [34] CMTc - Assessoria de Pesquisas e Serviços ao Usuário, “Avaliação do Ônibus a Gás entre Usuários e Operadores”, Relatório de

Pesquisa, São Paulo, 1992.

[35] CETESB, “Legislação Federal, Estadual e Municipal de Poluição Veicular: Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, PROCONVE ; Programa Nacional de Controle de Ruído Veicular; Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M”, São Paulo, 09/94.

ANEXO I Dados Técnicos do Motor M 366 G

Dados Técnicos do Motor M 366 G

ITEM	UNIDADE UTILIZADA	VALOR
DIÂMETRO DOS CILINDROS	mm	97,5
NÚMERO DE CILINDROS	-	6
CURSO	mm	133
TAXA DE COMPRESSÃO	-	12
DISPOSIÇÃO DOS CILINDROS	-	LINHA
CILINDRADA TOTAL	l	5,96
POTÊNCIA NOMINAL (NBR 5484)	Kw (rpm)	110 (2.800)
MOMENTO DE FORÇA MÁXIMO (NBR 5484)	Nm(rpm)	420 (1.300)
CONSUMO ESPECÍFICO ENERGÉTICO MÍNIMO	MJ/Kw h (rpm)	9,8 (1.600)
RENDIMENTO TÉRMICO EFETIVO MÁXIMO	% (rpm)	37,9 (1.600)

FONTE: [4].

ANEXO 2 Dados Técnicos do Ônibus Mercedes Benz a GNC

Dados Técnicos do Ônibus Mercedes Benz a GNC

ITEM / VEÍCULO	OH 1315	O 371 U
TIPO DE MOTOR	M366 G	M366 G
MOTOR: POTÊNCIA	110 Kw a 2.800 rpm (NBR 5484)	110 Kw a 2.800 rpm (NBR 5484)
MOTOR: TORQUE	420 Nm a 1.300 rpm (NBR 5484)	420 Nm a 1.300 rpm (NBR 5484)
CÂMBIO	G3/60 - 5/7,5	G3/60 - 5/7,5
CÂMBIO	1a 7,508	1a 7,508
CÂMBIO	2a 3,986	2a 3,986
CÂMBIO	3a 2,302	3a 2,302
CÂMBIO	4a 1,387	4a 1,387
CÂMBIO	5a 1,000	5a 1,000
CÂMBIO	ré 6,932	ré 6,932
CAPACIDADE DE SUBIDA	1a 23,2%	1a 23,2%
CAPACIDADE DE SUBIDA	2a 11,7%	2a 11,7%
CAPACIDADE DE SUBIDA	3a 6,3%	3a 6,3%
CAPACIDADE DE SUBIDA	4a 3,4%	4a 3,4%
CAPACIDADE DE SUBIDA	5a 2,1%	5a 2,1%
VELOCIDADE MÁXIMA	88 Km/h	88 Km/h
PNEUS	10.00 - 20 (16 PR)	10.00 - 20 (16 PR)
PESO DO VEÍCULO	ca. 4.380 Kg (só chassis)	ca. 9.800 Kg
PESO ADICIONAL PARA SISTEMA DE ARMAZENAGEM DE GÁS	ca. 900 Kg	ca. 900 Kg
CAPACIDADE DO SISTEMA DE ARMAZENAGEM DE GÁS	6 cilindros de 100 litros cada (120 Nm3)	10 cilindros de 55 litros cada (110 Nm3)

FONTE: [4]

ANEXO 3 Padrões Nacionais de Qualidade do Ar

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA N^o 3, de 28/06/90)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO ug/m ³	PADRÃO SECUNDÁRIO ug/m ³	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1)	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA (2)	80	60	
Dióxido de Enxofre	24 horas (1)	365	100	Pararosanilina
	MAA (3)	80	40	
Monóxido de Carbono	1 hora (1)	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infra-vermelho não dispersivo
	8 horas (1)	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quimioluminescência
Fumaça	24 horas (1)	150	100	Refletância
	MAA (3)	60	40	
Partículas Inaláveis	24 horas (1)	150	150	Separação Inercial/Filtração
	MAA (3)	50	50	
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1)	320	190	Quimioluminescência
	MAA (3)	100	100	

FONTE: [2]

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano;
- (2) Média Geométrica Anual;
- (3) Média Aritmética Anual.

ANEXO 4 Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar

Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar
(Resolução CONAMA N^o 3 de 28/06/90)

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre (ug/m ³) - 24 horas	800	1600	2100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) (ug/m ³) - 24 horas	375	625	875
^{so2} X PTS (ug/m ³) (mg/m ³) 24 horas	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 horas	15	30	40
Ozônio (ug/m ³) 1 hora	400	800	1.000
Partículas Inaláveis (ug/m ³) - 24 horas	250	420	500
Fumaça (ug/m ³) 24 horas	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio (ug/m ³) 1 hora	1.130	2.260	3.000

FONTE: [2]

ANEXO 5 Padrões de Qualidade do Ar Para o Estado de São Paulo

Padrões de Qualidade do Ar Para o Estado de São Paulo (Decreto Estadual N^o 8.468 de 08/09/76)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO (ug/m ³)	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1)	240	Amostrados de grandes volumes
	MGA (2)	80	
Dióxido de Enxofre	24 horas (1)	365	Pararosanilina
	MAA (3)	80	
Monóxido de Carbono	1 hora (1)	40.000 (35 ppm)	Infra-vermelho não dispersivo
	8 horas (1)	10.000 (9 ppm)	
Oxidantes Fotoquímicos (como Ozônio)	1 hora (1)	160	Quimioluminescência

FONTE: [2]

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano;
- (2) Média Geométrica Anual;
- (3) Média Aritmética Anual.

ANEXO 6 Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar Para o Estado de São Paulo

Critérios Para Episódios Agudos de Poluição do Ar Para o Estado de São Paulo (Decreto Estadual N^o 8.468, de 08/09/76)

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 horas	800	1600	2100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 horas	375	625	875
$\text{SO}_2 \times \text{PTS}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (mg/m^3) 24 horas	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 horas	15	30	40
Oxidantes Fotoquímicos (como Ozônio) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 hora	400	800	1.000

FONTE: [2]

ANEXO 7 Legislação Federal, Estadual e Municipal

Neste anexo temos a Legislação Federal, Estadual e Municipal, atualizadas até setembro de 1994 [35] sobre:

- Sobre Poluição Veicular;
- Programa de Controle de Poluição do Ar Por Veículos Automotores (PROCONVE);
- Programa Nacional de Controle de Ruído Veicular;
- Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

A7.1 Legislação Federal

A7.1.1 DECRETO Nº 79.134, de 17/01/77: Dispõe sobre a regulação de motor a óleo diesel.

A7.1.2 LEI Nº 8.723, de 28/10/93: Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores.

A7.1.3 INSTRUÇÃO NORMATIVA MINTER SACT/CPAR Nº 1/81: Estabelece normas a orientar os órgãos estaduais de controle de poluição e as empresas de transporte de cargas e passageiros, quanto ao atendimento da Portaria MINTER Nº 100, de 14/07/80.

A7.1.4 PORTARIA MINTER Nº 100, de 14/07/80: Dispõe sobre a emissão de fumaça por veículos movidos a óleo diesel.

A7.1.5 PORTARIA MIC Nº 164, de 07/12/88: Transfere para o INMETRO as competências da extinta SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL - STI.

A7.1.6 PORTARIA IBAMA Nº 1937, de 28/09/90: Estabelece normas sobre controle da poluição ambiental, que deverão ser atendidas pelos veículos importados para comercialização e uso no Território Nacional.

A7.1.7 PORTARIA DNC Nº 23, de 06/06/94: Dispõe sobre o consumo de óleo diesel como combustível nos veículos de passageiros, de carga e de uso misto, nacionais e importados.

A7.1.8 RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 510, de 15/02/77: Dispõe sobre a circulação e fiscalização de veículos automotores diesel - Escala de Ringuelmann.

A7.1.9 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 18, de 06/05/86: Institui, em caráter nacional, o PROCONVE.

A7.1.10 RESOLUÇÃO CONMETRO Nº 01/87: Aprova o Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores: Emissões - PROVEM.

A7.1.11 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 3, de 15/06/89: Dispõe sobre a emissão de aldeídos presentes no gás de escapamento de veículos leves do Ciclo Otto.

A7.1.12 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 4, de 15/06/89: Encaminhamento, ao IBAMA, de propostas de métodos para determinação de etanol. Declaração dos valores típicos de emissão de hidrocarbonetos.

A7.1.13 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 1, de 11/02/93: Estabelece limites máximos de ruído com veículos em aceleração e na condição parado, para os veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados.

A7.1.14 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 6, de 31/08/93: Fixa prazo para os fabricantes e as empresas de importação de veículos disporem de procedimentos e infra-estrutura para divulgação ao público em geral, das especificações do motor, dos sistemas de alimentação de combustível e dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.

A7.1.15 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 7, de 31/08/93: Define as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso.

A7.1.16 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 8, de 31/08/93: Estabelece os Limites Máximos de Emissão de Poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.

A7.1.17 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 16, de 17/12/93: Ratifica os prazos e demais exigências contidas na Resolução CONAMA Nº 18, de 06/05/86. Torna obrigatório o Licenciamento Ambiental, junto ao IBAMA, para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis e sua formulação final para uso em todo País.

A7.1.18 RESOLUÇÃO CONAMA Nº 9, de 04/05/94: Estipula prazo para que os fabricantes de veículos automotores leves e equipados com motores a álcool declarem ao IBAMA e aos órgãos técnicos designados, os valores típicos de emissão de hidrocarbonetos, diferenciando os aldeídos e os álcoois, em todas as suas configurações em produção.

A7.1.19 RESOLUÇÃO CONAMA S/Nº, de 29/09/94: Fixa novos prazos para cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA Nº 8, de 31/08/93.

A7.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

A7.2.1 LEI Nº 997, de 31/05/76: Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

A7.2.2 DECRETO Nº 8.468, de 08/09/76: Aprova o Regulamento da Lei Nº 997, de 31/05/76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente (artigos 32, 50, 50A, 50B, 110 e 111).

A7.2.3 DECRETO Nº 38.789, de 17/06/94: Institui o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

A7.3 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

A7.3.1 LEI Nº 4.364, de 31/03/53: Dispõe sobre a instalação de tubos de escapamento na parte superior dos ônibus.

A7.3.2 LEI Nº 5.141, de 05/04/57: A partir de 1958, não será concedida licença aos veículos movidos a óleo cru que não estejam munidos de chaminé para expelir a fumaça.

A7.3.3 LEI Nº 10.974, de 03/04/91: Dispõe sobre a instalação de descarga vertical (escapamento) nos veículos de transporte de cargas em geral

(caminhões) e os veículos automotores especiais, para transitar no Município de São Paulo.

A7.3.4 DECRETO Nº 34.099, de 14/04/94: Cria, no Município de São Paulo, o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - IM/SP.