

DANIEL VALIANTE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA, AMBIENTAL E
MERCADOLÓGICA DA INSTALAÇÃO ORIGINAL DE FÁBRICA DE
SISTEMA DE CONVERSÃO PARA USO DE GÁS NATURAL EM
VEÍCULOS LEVES MOVIDOS A GASOLINA E / OU ÁLCOOL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Automotiva

São Paulo

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DANIEL VALIANTE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA, AMBIENTAL E
MERCADOLÓGICA DA INSTALAÇÃO ORIGINAL DE FÁBRICA DE
SISTEMA DE CONVERSÃO PARA USO DE GÁS NATURAL EM
VEÍCULOS LEVES MOVIDOS A GASOLINA E / OU ÁLCOOL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Automotiva

Área de concentração:
Engenharia Automotiva
(Mestrado Profissional)

Orientador:
Prof. Dr. Guenther Carlos Krieger Filho

São Paulo
2006

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Guenther Carlos Krieger Filho, pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

Ao Prof. Dr. Sérgio Machado Corrêa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelas informações fornecidas e auxílio na revisão do trabalho.

Aos meus pais Emidio e Regina, e a toda minha Família, pelo constante e incansável estímulo. Palavras não seriam o suficiente para expressar a minha eterna gratidão a eles.

A todos amigos que, de forma direta ou indireta, colaboraram com a execução deste trabalho. Sem eles, o mesmo jamais seria realizado.

RESUMO

É cada vez maior a busca por fontes de energia alternativas com vistas à substituição dos derivados do Petróleo, em especial após a crise da década de 70. A indústria automotiva segue a mesma tendência, buscando alternativas viáveis frente à incerteza do tempo e quantidade que ainda resta de estoque de combustíveis fósseis líquidos. Além do Álcool como meio de substituição ao Diesel e a Gasolina, a utilização de GNV - Gás Natural Veicular - está entre as tecnologias atualmente consideradas viáveis e eficientes. Segundo a ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2006), o Brasil possui reservas comprovadas de $306,4 \times 10^9 \text{ m}^3$ de Gás Natural, quantidade estimada para abastecer o mercado nacional, no cenário mais pessimista, pelos próximos cinquenta anos. A associação desses fatores resulta na busca do consumidor brasileiro pela redução dos gastos cada vez maiores com combustível e no aumento da demanda por veículos movidos a Gás Natural. Apesar da notória demanda de mercado, atualmente existem no Brasil poucas opções de veículos leves com Sistemas de Conversão originalmente instalados pelas montadoras e com manutenção da garantia de fábrica. A falta de opções de oferta abre espaço para o grande aumento do número de oficinas de conversão, freqüentemente ignorando aspectos técnicos e de legislação de conversão, na intenção de apenas obterem lucros com o aumento de demanda. Mais do que pretensiosas conclusões definitivas, o presente trabalho tem como objetivo oferecer uma pequena contribuição à indústria e à sociedade, através da análise da viabilidade técnica, econômica, ambiental e mercadológica da instalação original de fábrica de Sistema de Conversão para uso de Gás Natural em veículos leves movidos a Gasolina e / ou Álcool, frente ao atual mercado de veículos convertidos e ao aumento da demanda por fontes de energia alternativa.

Palavras chave: Gás Natural Veicular, GNV, Sistemas de Conversão, combustíveis alternativos, emissões veiculares, veículos leves.

ABSTRACT

The search for alternative energy sources aiming the substitution of derivate Oil products is each time higher, especially after the 70's Petroleum crisis. The automotive industry follows this trend too, looking for possible alternatives in face of the uncertainness of time and quantity available stocks of liquid fossil fuels. Besides the Ethanol as a way of Gasohol and Diesel substitution, the CNG - Compressed Natural Gas - use is nowadays considered one of the most possible and efficient technologies. According to the ANP - National Petroleum, Natural Gas and Biofuel Agency (2006), Brazil owns $306,4 \times 10^9 \text{ m}^3$ of Compressed Natural Gas proved reserves, which are considered enough to supply the national market, in the worst case, for the next fifty years. The conjunction of these issues results in the Brazilian customers search for the each higher fuel expenses reduction and the raise of Compressed Natural Gas impelled vehicles demand. Despite the notorious market demand, there are nowadays on Brazil only a few options of light vehicles with Conversion System originally installed by automotive assemblers and warranty's maintenance. This lack of supply options creates a large field to the raise in the quantity of conversion workshops, frequently ignoring the technical aspects and the conversion legislation only with intent of achieving profit with the demand raise. More than pretentious definitive conclusions, the present work aims to offer a small contribution to the industry and society through the technical, economical, environmental and merchandizing practicability analysis of original assemblers' installation of Conversion System to the use of Compressed Natural Gas in Gasohol and / or Ethanol impelled light vehicles, in face of the actual converted vehicles market and the demand raise for alternative energy sources.

Key words: Compressed Natural Gas, CNG, Conversion Systems, alternative fuels, vehicular emissions, light vehicles.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa à escolha do tema	1
1.2 Objetivo e objeto de estudo	1
1.3 Desenvolvimento do trabalho	2
1.4 Limitações do trabalho	2
1.5 Metodologia de pesquisa	3
1.6 Público alvo do trabalho	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3 ASPECTOS TÉCNICOS	10
3.1 Combustíveis alternativos em veículos leves no Brasil	10
3.2 Evolução técnica dos Sistemas de Conversão	11
3.3 Sistemas de Conversão detentores de CAGN	13
3.4 Sistemas de Conversão Geração 3 e Geração 5	17
3.5 Conclusões sobre aspectos técnicos de Sistemas de Conversão	22
4 ASPECTOS ECONÔMICOS	25
4.1 Custos de exploração de Petróleo e Gás Natural	25
4.2 Exploração nacional de Petróleo e Gás Natural	25
4.2.1 A Lei do Petróleo	25
4.2.2 Contratos de concessão de blocos de exploração	26
4.3 Formação de preço do Gás Natural de origem nacional e internacional	27
4.4 Preço médio ao consumidor - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular	29
4.5 Amortização de investimento em Sistema de Conversão	30
4.6 Conclusões sobre aspectos econômicos do Gás Natural Veicular	33
5 ASPECTOS AMBIENTAIS	35
5.1 Fontes móveis de poluição atmosférica	35
5.2 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores	37
5.3 Poluição gerada pelo uso de combustíveis alternativos em veículos leves	42

5.3.1	Uso de Gás Natural Veicular e emissões de Formaldeído e Acetaldeído	42
5.3.2	Alternativas à adição de Chumbo na Gasolina e Gasolina reformulada	44
5.4	Termoquímica da mistura Ar-Gás Natural	45
5.4.1	Eficiência termodinâmica de mistura com Gás Natural <i>versus</i> Gasolina e Álcool	49
5.5	Poluição gerada por veículos leves de combustão interna e Ciclo Otto	50
5.6	Sistemas para redução de emissões de gases de escape	55
5.6.1	Conversores catalíticos	55
5.6.2	Implantação de Sistema OBD - “On Board Diagnosis”	59
5.7	Controle dos gases de escape em veículos leves (NBR 6601)	62
5.7.1	Descrição geral do ensaio em dinamômetro de chassi	62
5.7.2	Ensaio em veículo leve com Sistema de Conversão original de fábrica	67
5.7.2.1	Veículo originalmente movido a Gasolina operando com Gasolina	68
5.7.2.2	Veículo originalmente movido a Gasolina operando com Gás Natural	68
5.7.2.3	Veículo originalmente movido a Álcool operando com Álcool	69
5.7.2.4	Veículo originalmente movido a Álcool operando com Gás Natural	69
5.7.3	Análise e comparação dos resultados dos ensaios	70
5.8	Conclusões sobre aspectos ambientais de emissões de veículos leves	77
6	ASPECTOS MERCADOLÓGICOS	80
6.1	Origem do Gás Natural	80
6.2	Disponibilidade de combustíveis fósseis para veículos	81
6.3	Rede de distribuição nacional de Gás Natural	85
6.4	Frota de veículos movidos a Gás Natural Veicular	86
6.5	Política nacional da comercialização de Gás Natural Veicular	88
6.6	Mercado nacional de oficinas de conversão registradas pelo INMETRO	90
6.7	Programa das montadoras para instalação de Sistema de Conversão	91
6.7.1	General Motors do Brasil S/A	92
6.7.2	Fiat Automóveis S/A	94
6.7.3	Ford Motors Company Ltda.	96
6.7.4	Volkswagen do Brasil Ltda.	98
6.8	Conclusões sobre aspectos mercadológicos do Gás Natural Veicular	101
7	CONCLUSÕES	104
7.1	Conclusões sobre instalação original de fábrica de Sistema de Conversão	104
7.2	Sugestões do autor	105
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.3.1	- Empresas e Sistemas de Conversão detentores de CAGN no Brasil	15
Tabela 4.2.2.1	- Concessionárias nacionais de exploração e produção de Petróleo e Gás Natural	27
Tabela 4.4.1	- Preço médio ao consumidor entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2005 - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular	29
Tabela 4.5.1	- Veículos com Sistema de Conversão oferecidos pelas montadoras, e respectivos preços em Valor da Época e em Valor Presente	31
Tabela 4.5.2	- Estimativa para amortização do investimento no Sistema de Conversão em função da redução de gastos com combustível	31
Tabela 5.2.1	- Fatores médios de emissão de veículos leves novos	39
Tabela 5.2.2	- Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros	40
Tabela 5.2.3	- Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referência para ensaio menor que 1.700 kg	40
Tabela 5.2.4	- Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referência para ensaio maior que 1.700 kg	41
Tabela 5.3.1.1	- Dados de 52 amostras coletadas entre 1998 e 2002 na Avenida Presidente Vargas (Rio de Janeiro)	42
Tabela 5.3.1.2	- Concentração de Acetaldeído e Formaldeído (ppmv) determinada nos gases de escape de vinte veículos	43
Tabela 5.4.1	- Principais propriedades do Gás Natural Veicular nacional	46
Tabela 5.4.2	- Elementos e fração molar do Gás Natural Veicular nacional	47
Tabela 5.4.3	- Proporção dos principais elementos do Ar seco	47
Tabela 5.4.1.1	- Dados de configuração do Volkswagen Santana 1.8	49
Tabela 5.7.2.1	- Principais características do ensaio e do veículo, de acordo com norma NBR 6601.	67
Tabela 5.7.2.1.1	- Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gasolina.	68
Tabela 5.7.2.2.1	- Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gás Natural.	68

Tabela 5.7.2.3.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Álcool.	69
Tabela 5.7.2.4.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Gás Natural Veicular	69
Tabela 5.7.3.1 - Resultados médios obtidos nos ensaios realizados	70
Tabela 5.7.3.2 - Razão entre Formaldeído e Acetaldeído obtida nos ensaios	72
Tabela 6.3.1 - Rede de postos de Gás Natural Veicular	85
Tabela 6.4.1 - Dados dos principais mercados mundiais de Gás Natural Veicular	86
Tabela 6.6.1 - Oficinas de conversão para uso de Gás Natural por Estado	91
Tabela 6.7.1.1 - Dados técnicos do Astra Sedan Multipower	93
Tabela 6.7.2.1 - Dados técnicos do Fiat Siena com Sistema de Conversão	95
Tabela 6.7.3.1 - Dados técnicos da Ford Ranger com Sistema de Conversão	97
Tabela 6.7.4.1 - Dados técnicos do Volkswagen Santana com Sistema de Conversão	99
Tabela 6.7.4.2 - Veículos Volkswagen do Brasil oferecidos com sistemas de conversão e principais características	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.4.1	- Principais componentes de um Sistema de Conversão Geração 3	17
Figura 3.4.2	- Galeria de válvulas com sistema de injeção eletrônica seqüencial de Gás Natural	21
Figura 4.4.1	- Evolução do preço médio ao consumidor de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2005 - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular	30
Figura 5.1.1	- Redução de emissões médias de veículos leves movidos a Gasolina e Álcool <i>versus</i> aumento da frota na RMS, entre 1980 e 2005	36
Figura 5.5.1	- Emissões e consumo de combustível de motor convencional de combustão interna	51
Figura 5.5.2	- Mecanismo de formação dos poluentes NO _x , CO e HC em um motor Ciclo Otto a quatro tempos	54
Figura 5.6.1.1	- Representação esquemática de conversor catalítico de três vias	57
Figura 5.6.1.2	- Curva típica de eficiência de um conversor catalítico de três vias <i>versus</i> razão Ar-combustível	57
Figura 5.6.2.1	- Símbolo da Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento	62
Figura 5.7.1.1	- Esquema de funcionamento de um laboratório de emissões veiculares	63
Figura 5.7.3.1	- Emissões de Aldeídos Totais (Formaldeído e Acetaldeído) <i>versus</i> limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE	71
Figura 5.7.3.2	- Emissões de Hidrocarbonetos Totais (Metano e não Metano) <i>versus</i> limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE	74
Figura 5.7.3.3	- Emissões de Monóxido de Carbono <i>versus</i> limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE	75
Figura 5.7.3.4	- Emissões de Óxido de Nitrogênio <i>versus</i> limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE	76
Figura 6.1.1	- Formas de associação do Gás Natural à presença de Petróleo	81
Figura 6.2.1	- Evolução de reservas brasileiras de Gás Natural entre 1965 e 2005	83
Figura 6.2.2	- Distribuição por Estado de reservas de Gás Natural em 2006	83
Figura 6.2.3	- Segmentação da produção nacional de Gás Natural	84
Figura 6.2.4	- Composição da oferta de Gás Natural no Brasil por origem	84

Figura 6.4.1	- Evolução mensal desde 2003 e crescimento da frota em 2006 de veículos leves convertidos	87
Figura 6.4.2	- Participação por Estado da frota nacional de veículos leves convertidos	88
Figura 6.8.1	- Círculo Virtuoso de Crescimento do mercado nacional de Gás Natural Veicular	103

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AVC	Amostrador de Volume Constante
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CAGN	Certificado Ambiental para o uso do Gás Natural em Veículos Automotores
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
CNE	Comissão Nacional de Energia
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CRI	Certificado de Registro de Instalador
DNC	Departamento Nacional de Combustíveis
DNPH	Dinitrofenilhidrazina
ECU	Electronic Control Unit
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EPA	Environmental Protect Agency
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GNV	Gás Natural Veicular
IANGV	International Association for Natural Gas Vehicles
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
LIM	Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento
MF	Ministério da Fazenda
MINFRA	Ministério da Infra-Estrutura

MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MTBE	Metil tert-Butil Éter
OBD	On Board Diagnosis
OEM	Original Equipment Manufacturer
OPEP	Organization of the Petroleum Exporting Countries
PLANGÁS	Plano Nacional de Gás Natural
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
QIP	Quadro Instantâneo de Parâmetros
RENAVAM	Registro Nacional de Veículos Automotores
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SDE	Secretaria de Direito Econômico
USGS	United States Geological Survey
SHED	Sealed Housing for Evaporative Determination
VE	Valor da Época
VP	Valor Presente

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
cal	Caloria
cv	Cavalo vapor
D_E	Distância percorrida durante a fase estabilizada
D_{TF}	Distância percorrida durante a fase transitória com partida a frio
D_{TQ}	Distância percorrida durante a fase transitória com partida a quente
F	Força
g	Gramma
H	Entalpia
IW	Índice Wobbe
J	Joule
k	Constante de equilíbrio
K	Kelvin
K_m	Coeficiente de rigidez de mola
kgf	Kilograma-força
l	Litro
m	Massa
\dot{m}	Fluxo de massa
m	Metro
M	Peso molecular
n	Número de moles.
p	Pressão
PCS	Poder calorífico superior
PCI	Poder calorífico inferior
ppb	Partes por bilhão
ppmv	Partes por milhão em volume (Parts per million by volume)
r	Densidade relativa ao ar seco em massa
R	Constante do gás
\tilde{R}	Constante universal dos gases
rpm	Rotações por minuto

s	Segundo
S	Entropia
t	Tempo
T	Temperatura
U	Energia Interna
V	Volume
W	Watt
Y_E	Emissão ponderada de cada componente do gás na fase estabilizada
Y_{MP}	Emissão ponderada de cada componente do gás
Y_{TF}	Emissão ponderada de cada componente do gás na fase transitória com partida a frio
Y_{TQ}	Emissão ponderada de cada componente do gás na fase transitória com partida a quente
z	Fator de compressibilidade
η_{catal}	Eficiência de conversão catalítica
λ	Razão de equivalência Ar-combustível normalizada
Φ	Razão de equivalência combustível-Ar normalizada
ρ	Densidade

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa à escolha do tema

O constante aumento de demanda por fontes de energia iniciada pela Revolução Industrial na metade do século XVIII, aliado ao decorrente impacto ambiental e possibilidade de escassez de recursos, tornaram evidente à sociedade a necessidade de busca por fontes de energia alternativas e menos poluentes. O mercado do Petróleo e derivados - maior fonte de energia não-renovável do planeta - vem sofrendo constantes impactos de fatores políticos e especulação de preços, reforçando o interesse de diversos segmentos de indústria e mercado em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias com maior viabilidade de geração de energia.

A participação do Gás Natural na matriz energética mundial é cada vez maior, substituindo fontes de energia outrora utilizadas. Em aplicações veiculares, o combustível representa alternativa ao Diesel, Gasolina e Álcool, através de instalação de Sistema de Conversão para uso de Gás Natural.

Apesar do aumento da frota de veículos com Sistema de Conversão, as montadoras nacionais atualmente detêm pequena participação no mercado de instalação desses sistemas. A grande maioria das conversões é realizada em oficinas independentes que instalam Sistemas de Conversão adquiridos de fornecedores, ou ainda em oficinas próprias de empresas fornecedoras de Sistemas de Conversão.

1.2 Objetivo e objeto de estudo

Diante das justificativas apresentadas, o estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da instalação original de fábrica para uso de Gás Natural em veículos leves nacionais como alternativa ao uso de Gasolina e / ou Álcool. O trabalho tem como premissas básicas: veículo convertido com manutenção da garantia original de fábrica; maior confiança do consumidor nas montadoras em relação às oficinas de

conversão independentes, quanto aos aspectos técnicos e legislativos da conversão; oportunidade de exploração de novo nicho de mercado para as montadoras.

O objeto de estudo está dividido em quatro contextos - técnico, econômico, ambiental e mercadológico, e se desenvolve dentro da hipótese de que cada um dos contextos não pode ser analisado de maneira individual.

1.3 Desenvolvimento do trabalho

O desenvolvimento do trabalho ocorre através de extensa pesquisa e coleta de informações nos seguintes meios:

- Literatura especializada e de cunho técnico e científico - Livros, Artigos, Dissertações, Teses, Rede mundial de Computadores, entre outros.
- Bases de dados de entidades ligadas ao tema - Agências, Associações, Instituições, Companhias, Jornais, entre outros.

1.4 Limitações do trabalho

Por se tratar de trabalho com tema extremamente abrangente, faz-se necessário determinar de início as limitações que a mesma pretende atingir. Vale ressaltar que as limitações impostas podem incentivar novos trabalhos sobre o tema proposto.

- Considerando a abrangência do tema e os recursos de tempo e equipamentos disponíveis, o trabalho dispõe exclusivamente de informações teóricas e provenientes de estudos realizados por autores terceiros em literatura especializada e bases de dados de entidades ligadas ao tema.
- Embora a aplicação em veículos pesados - especialmente em frotas de ônibus dos grandes centros - atualmente desempenhe importante papel no mercado nacional de Gás Natural Veicular, o trabalho propõe a análise apenas em veículos leves

originalmente movidos a Gasolina e / ou Álcool. Dessa forma, o trabalho isola questões específicas - somente veículos com motores Ciclo Otto e não-dedicados ao uso exclusivo de Gás Natural.

1.5 Metodologia de pesquisa

Para que o trabalho possa ser realizado sob a forma proposta, é necessária a adoção de metodologia específica. Yin (2001) sugere cinco principais estratégias: experimento, levantamento, análise de arquivos, pesquisa histórica e estudo de caso. Todas estratégias citadas são usadas pelo menos uma vez ao longo do trabalho, além de diversas situações onde ocorre sobreposição de duas ou mais. As principais estratégias são usadas nas seguintes circunstâncias:

Contexto técnico: levantamento, análise de arquivos e estudo de caso;

Contexto econômico: levantamento, análise de arquivos e estudo de caso;

Contexto ambiental: levantamento, análise de arquivos, pesquisa histórica e experimento;

Contexto mercadológico: levantamento, análise de arquivos e pesquisa histórica.

1.6 Público alvo do trabalho

- Montadoras nacionais de veículos leves, possibilitando às mesmas analisar novas oportunidades no mercado de Gás Natural. Para que a adoção de semelhante projeto seja viável para uma montadora, é fundamental a constatação da viabilidade dos quatro contextos anteriormente citados. A inviabilidade de qualquer um desses torna, de maneira automática, o projeto inviável para a montadora.

- Empresas da cadeia de fabricantes de Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural Veicular, permitindo às mesmas analisar a possibilidade de crescimento ou

de migração do mercado de instalação de Sistemas de Conversão, das oficinas de conversão independentes para as montadoras de veículos.

- Oficinas de conversão independentes, possibilitando às mesmas a análise do grau de probabilidade e conseqüências das montadoras oferecerem veículos convertidos originais de fábrica, além de permitir a ampliação de conhecimentos dos fatores relacionados à conversão de veículos.

- Postos de combustível e seus respectivos fornecedores, que já dispõem ou ainda estudam a viabilidade do investimento na instalação de sistema para abastecimento de Gás Natural Veicular, quanto as tendência de mercado em função de demanda e de região do país.

- Organizações Governamentais e não Governamentais relacionadas à cadeia de produção e consumo de Gás Natural.

- Pesquisadores e estudantes interessados em aprofundar conhecimentos ou em estender o presente trabalho.

- Consumidor Final - particular ou comercial, possibilitando aos mesmos considerar as vantagens e desvantagens da instalação de Sistema de Conversão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em relação aos aspectos técnicos do uso de Gás Natural Veicular, a evolução dos Sistemas de Conversão acompanha tanto a evolução dos sistemas de injeção de combustível líquido, quanto o aumento das restrições de emissões veiculares impostas por órgãos competentes. Diversos autores também denominam Sistemas de Conversão como “Kits de Conversão”. A palavra “Kit” tem origem no idioma inglês e significa equipamento ou conjunto no idioma português.

Segundo Pelliza (2003), “geralmente os fabricantes de ‘Kits’ de conversão possuem seus produtos destinados a veículos equipados com injeção eletrônica e catalisador ou carburador. Os ‘Kits’ mais simples são destinados a veículos carburados (sem injeção eletrônica), e geralmente não possuem o controle eletrônico da mistura ar / gás, sendo dotados basicamente de cilindro de armazenamento de gás, válvula de abastecimento, válvula de cilindro, redutor de pressão, misturador e tubulações, podendo-se instalar um equipamento adicional chamado variador de avanço, que possui a função de melhorar o desempenho do veículo. Para veículos com injeção eletrônica, tem-se além dos equipamentos listados anteriormente, emuladores de sensor de O₂ e eletro-injetores, sendo encontrados também ‘Kits’ com a capacidade de efetuar eletronicamente o controle da relação ar / gás, de forma a mantê-la estequiométrica. Existem ainda ‘Kits’ de conversão com sistema de injeção direta de GNV (bicos injetores de gás) utilizados em motores com injeção eletrônica, sensor de O₂ e catalisador, projetados e construídos para integrarem-se com os mais modernos sistemas de injeção eletrônica de forma a manter inalterado os níveis de emissões em qualquer situação de solicitação do motor”.

Determinados autores preferem dividir a evolução técnica dos Sistemas de Conversão de acordo com o sistema de injeção de combustível. Segundo Villanueva (2002), os Sistemas de Conversão pode ser caracterizados da seguinte forma:

“- ‘Kit’ de Conversão de 1ª Geração (regulagem mecânica do combustível, sem controle em malha fechada) .

- ‘Kit’ de Conversão de 2ª Geração (regulagem mecânica do combustível e controle de estequiometria em malha fechada ou injeção de combustível, sem controle em malha fechada).
- ‘Kit’ de Conversão de 3ª Geração (injeção de combustível e controle em malha fechada).
- ‘Kit’ de Conversão de 4ª Geração (injeção de combustível e controle em malha fechada e compatibilidade com o sistema OBD)”.

Em relação aos aspectos econômicos do Gás Natural, segundo Fernandes (2000), “dentro da regulamentação dos serviços públicos, a regulação tarifária cumpre o papel de controle econômico do projeto, garantindo a rentabilidade do investidor e a preservação do bem-estar do consumidor, dentro de um regime de monopólio natural .

Embora o grau de supervisão regulatória varie nos diversos países, é do Governo o papel de fixação, senão sinalização, dos preços a serem cobrados. A tarefa é complexa, tendo em vista o elevado grau de assimetria de informação pró-investidores, que acentua os riscos de abusos do poder de monopólio. A tarifação ainda enfrenta o desafio de atender a eficiência do sistema como um todo, o que, muitas vezes, apresenta tensões quanto à determinação do modelo a ser escolhido.

Assim, o conceito de eficiência abrange a *eficiência produtiva*, entendido como a utilização das instalações, pelo produtor, com o máximo rendimento e menor custo, dada a estrutura de mercado; a *eficiência distributiva*, que pode ser definida como a capacidade de redução, pela concorrência ou pela regulação, da apropriação de excedentes econômicos por parte do investidor (eliminação das rendas de monopólio e redução dos lucros ao nível normal); a *eficiência alocativa* (ou de Pareto), que é a realização do maior volume de transações econômicas, com a geração da maior renda agregada possível. Segundo a teoria econômica, esta condição é garantida quando os preços se igualam aos custos marginais, e sinalizam apropriadamente os custos relativos ao uso do sistema; e, finalmente, a *eficiência dinâmica*, conceito que

considera o mercado como ambiente seletivo, com capacidade de selecionar inovações de produto e de processo que resultem em redução futura de custos e preços para o consumidor e em melhoria de qualidade dos produtos”.

No âmbito da exploração nacional, a Lei nº 9.478 de 6 de Agosto de 1997 estabeleceu condições para o exercício das atividades econômicas abrangidas pelo monopólio da União, relativas a Petróleo e Gás Natural. A denominada Lei do Petróleo viabilizou ainda a regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas referentes a Petróleo e derivados, Gás Natural e Biocombustíveis.

Referente à formação de preços ao consumidor, a Portaria Interministerial nº 3 de 1º de Abril de 2000 dos Ministérios de Minas e Energia e da Fazenda visava desregulamentação dos preços dos combustíveis em caráter progressivo, com liberação dos preços do Gás Natural nacional e importado nos pontos de entrega às distribuidoras.

Em relação aos aspectos ambientais do uso de Gás Natural Veicular, a emissão de poluentes em gases de escape tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas. Segundo Villanueva (2002):

“Os principais poluentes emitidos pelo escapamento dos veículos automotores são:

- Monóxido de Carbono (CO), que tem a sua formação regulada principalmente pela relação Oxigênio / Combustível presente na câmara de combustão e pela eficiência da queima da mistura Ar / Combustível.

- Hidrocarbonetos (HC), também conhecidos como combustíveis não queimados ou ainda como frações de compostos orgânicos, são frações do combustível que não foram queimadas ou que sofreram apenas oxidação parcial.

- Óxidos de Nitrogênio (NO_x), que têm a sua formação regulada, principalmente, pela temperatura no interior da câmara de combustão.

- Óxidos de Enxofre (SO_x), que resultam da oxidação do Enxofre (S) presente como impureza nos combustíveis fósseis.

- Material Particulado (MP), que resulta da combustão das frações mais complexas de Hidrocarbonetos em condições de insuficiência de Oxigênio e tempo para uma queima adequada, bem como de condensação dos aerossóis e vapores e de desgaste ou deterioração de materiais.

- Aldeídos (R-CHO) que resultam da oxidação parcial do combustível durante a queima. Os principais Aldeídos, em termos de quantidade emitida, são o Formaldeído e o Acetaldeído”.

Entre os combustíveis comercialmente utilizados em veículos leves nacionais - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular, o terceiro é popularmente considerado como alternativa menos poluente, sendo freqüentemente citado em meios de comunicação como “combustível limpo” e “ecologicamente correto”.

Exemplo contrário ao conceito popular, estudo realizado por Corrêa; Arbilla (2005) atribui a elevação dos níveis de Formaldeído do ar da Cidade do Rio de Janeiro entre os anos de 1998 e 2002 ao aumento da frota de veículos com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural. Após análise dos gases de escape de vinte veículos com Sistema de Conversão, os autores constataram que a relação de emissão Formaldeído (HCHO) / Acetaldeído (CH_3CHO) desses veículos é cerca de quatro vezes maior do que a relação observada em veículos movidos a Gasolina. O aumento dos níveis de Formaldeído da cidade pode ser atribuído ao aumento do uso de Sistemas de Conversão com regulagem e características técnicas impróprias, gerando combustão incompleta do principal componente do Gás Natural Veicular - Metano (CH_4) - e conseqüente conversão do gás em Formaldeído no escapamento.

Em relação aos aspectos mercadológicos do uso de Gás Natural Veicular, a disponibilidade do combustível é fator decisivo para a viabilização de toda sua

cadeia de consumo. Segundo estudos de Oil & Gas Journal (2005), as reservas mundiais comprovadas de Gás Natural somam $172,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$, com projeção de reservas de cerca de 61 anos.

No Brasil, de acordo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2005), as reservas comprovadas de Gás Natural somam $306,4 \times 10^9 \text{ m}^3$, com projeção de reservas para um período mínimo de 50 anos.

Estudos realizados por entidades relacionadas com Gás Natural mostram a atual situação do mercado nacional. Segundo Gasnet (2005), o país dispõe de rede de 1.163 postos de Gás Natural Veicular, distribuídos em 18 Estados e em processo de expansão.

De acordo com dados do IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2006), a frota nacional de veículos convertidos atingiu 1.053.000 veículos em Dezembro de 2005.

Segundo o INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (2005), existem no país 724 oficinas de Conversão para uso de Gás Natural Veicular operando em condições regulamentadas.

3 ASPECTOS TÉCNICOS

3.1 Combustíveis alternativos em veículos leves no Brasil

A busca por combustíveis alternativos aos derivados de Petróleo teve início no Brasil na década de 40 e foi intensificada na década de 70, devido à crise mundial do Petróleo. Até o início da crise, apenas estudos pouco relevantes sobre reservas nacionais de Gás Natural haviam sido realizados no país, o que reflete na reduzida participação do combustível na matriz energética da época.

A primeira ação efetiva sobre combustíveis alternativos realizada no Brasil foi o início da pesquisa e utilização de Biomassa proveniente da cana de açúcar como combustível automotivo, através de programa criado em 14 de Novembro de 1975 denominado ProÁlcool. A utilização de Álcool combustível obteve grande êxito até o final da década de 90, mas perdeu efetividade com o fim da política de incentivos do governo e com o aumento da atratividade do mercado internacional de açúcar refinado. Atualmente, a maior parcela de utilização de Álcool combustível ocorre na adição de 20 a 25% em volume na Gasolina automotiva nacional, no crescente mercado de veículos com tecnologia bi-combustível e na frota remanescente de veículos movidos apenas a Álcool.

A segunda ação teve início no final da década de 70. O PLANGÁS - Plano Nacional de Gás Natural - foi desenvolvido pela CNE - Comissão Nacional de Energia, e buscava a substituição do uso de combustíveis fósseis líquidos. Durante o período da criação do PLANGÁS, até a promulgação do Decreto 1787 de 12 de Janeiro de 1996, autorizando a utilização de Gás Natural em veículos automotores e motores estacionários, diversas entidades nacionais realizaram pesquisas para a viabilização do uso de Gás Natural em veículos leves. A autorização era vinculada ao cumprimento das normas do DNC - Departamento Nacional de Combustíveis.

3.2 Evolução técnica dos Sistemas de Conversão

De maneira a acompanhar a evolução técnica dos sistemas de injeção de combustível líquido e o aumento das restrições de emissões de gases em veículos automotores, os Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural modificaram as características técnicas ao longo do tempo.

Em termos comerciais, atualmente os Sistemas de Conversão são divididos em cinco gerações, em função da evolução das principais características técnicas.

Geração 1 - Sistema de Conversão utilizado em veículos com carburação mecânica. Após a redução da pressão do cilindro por meio de redutor de três estágios, o Gás Natural flui através do misturador e é aspirado por depressão no coletor de admissão do motor. Dois registros mecânicos - um para o funcionamento do motor em marcha lenta e outro para funcionamento do motor em carga - fazem o ajuste da mistura de Gás Natural com Ar de admissão. Devido a ausência de controles eletrônicos e de precisão, os veículos com Sistema de Conversão da Geração 1 apresentam elevados índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de menor rendimento térmico do motor.

Geração 2 - Sistema de Conversão utilizado em veículos com carburação mecânica ou sistema de injeção eletrônica de combustível - em geral, do tipo monoponto. Após a redução da pressão do cilindro por meio de um redutor de três estágios, o Gás Natural flui através do misturador e é aspirado por depressão no coletor de admissão do motor. Em substituição ao registro mecânico para ajuste da mistura utilizado nos Sistemas de Geração 1, um motor de passo ou modulador de pressão eletricamente controlado faz o ajuste da mistura de Gás Natural com Ar de admissão. Apesar da maior precisão no controle da quantidade de Gás Natural injetada no coletor de admissão do motor, os Sistemas de Conversão da Geração 2 também apresentam elevados índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de menor rendimento térmico, em relação aos sistemas das gerações seguintes.

Geração 3 - Sistema de Conversão utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. A redução da pressão do cilindro é feita por meio de um redutor de três estágios e com liberação de fluxo de gás acionada eletronicamente. A regulagem da vazão de Gás Natural para o misturador é feita por meio de atuadores e comandada eletronicamente por um processador em malha fechada, em função do sinal emitido pelo sensor de Oxigênio - sonda lambda - original do veículo. O misturador é o último componente do Sistema de Conversão que o fluxo de Gás Natural atravessa, antes de ser aspirado por depressão no coletor de admissão do motor.

O variador de avanço do ponto de ignição processa as informações recebidas da ignição eletrônica, reajustando o ponto de ignição durante o consumo de Gás Natural. Uma válvula elétrica interrompe o fornecimento de gás quando o combustível original é selecionado na chave comutadora, da mesma forma que os sistemas de injeção monoponto também possuem uma válvula elétrica para interromper o fornecimento do combustível original quando o Gás Natural é selecionado. Os sistemas de injeção multiponto têm essa função realizada através de um emulador das válvulas injetoras - vulgo bicos injetores, que impede que os mesmos injetem combustível e simula um sinal de funcionamento para a ECU - Electronic Control Unit. A unidade central de comando eletrônico também é frequentemente denominada módulo de comando da injeção eletrônica.

Devido à maior precisão obtida pelo controle eletrônico de injeção de Gás Natural, quando comparados com os Sistemas de Conversão das gerações anteriores, os sistemas da Geração 3 promovem expressiva redução dos índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de redução da perda de rendimento térmico do motor.

Geração 4 - Sistema de Conversão utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. A partir dessa geração de Sistemas de Conversão, o Gás Natural deixa de ser aspirado por depressão no coletor de admissão do motor, sendo injetado por

meio de sistema de injeção eletrônica - válvula de fluxo contínuo, eliminando a necessidade do misturador de combustível.

As demais características e componentes dos Sistemas de Conversão da Geração 4 são semelhantes aos utilizados nos Sistemas de Conversão da Geração 3. A adoção do sistema de injeção eletrônica de fluxo contínuo elimina o misturador e a aspiração por depressão no coletor de admissão do motor e melhora as características da mistura. Dessa maneira, o sistema apresenta redução dos índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de aumento de torque e potência do motor em relação à geração anterior.

Geração 5 - Sistema de Conversão utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. A diferença em relação aos Sistemas de Conversão das gerações anteriores consiste na injeção de Gás Natural no coletor de admissão do motor, por meio de válvulas com sistema de injeção eletrônica seqüencial. A tecnologia garante maior precisão na qualidade da mistura, em relação ao uso de misturador Ar-Gás Natural.

As demais características e principais componentes dos Sistemas de Conversão Geração 5 são semelhantes aos utilizados nos Sistemas de Conversão Geração 4. O Sistema de injeção eletrônica seqüencial é o mais avançado e preciso dos Sistemas de Conversão em aplicação comercial na atualidade, o que lhe confere as melhores características de rendimento térmico e de emissões de poluentes, quando comparado com as gerações anteriores.

3.3 Sistemas de Conversão detentores de CAGN

A Resolução nº 291 de 25 de Outubro de 2001 do MMA - Ministério do Meio Ambiente - regulamenta os Sistemas de Conversão nacionais através do CAGN - Certificado Ambiental para uso do Gás Natural em Veículos Automotores. A emissão do certificado é realizada sob responsabilidade do IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e do PROCONVE - Programa de

Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores, sendo nominal ao fabricante ou importador do Sistema de Conversão. O certificado é emitido para cada modelo de conjunto de componentes do Sistema de Gás Natural, e para cada configuração de motor e combustível originalmente utilizado. A validade do certificado é anual, e pode ser renovada, desde que os procedimentos resolvidos pelo Instituto sejam cumpridos.

Respeitado o patamar tecnológico estabelecido nas fases do PROCONVE, os prazos estabelecidos após a publicação da Resolução para atendimento aos limites de emissão aplicáveis ao conjunto de componentes:

Noventa dias: declaração dos fabricantes e importadores de componentes quanto aos valores típicos de emissões de gases poluentes para os veículos com Sistemas de Conversão, atendendo a Fase III PROCONVE.

Doze meses: apresentação pela empresa interessada em obter o CAGN de veículo com conjunto de componentes para veículos Fase III PROCONVE, obedecidas as exigências prescritas nas Resoluções CONAMA.

Vinte e quatro meses: homologação dos conjuntos de componentes para veículos Fase III PROCONVE, obedecidas as exigências prescritas nas Resoluções CONAMA e segundo a classe de capacidade volumétrica de motor e combustível: classe A - até 1.000 cm³; classe B - de 1.001 a 1.500 cm³; classe C - de 1.501 a 2.000 cm³; classe D - de 2.001 a 2.500 cm³ e classe E - acima de 2.501 cm³.

Trinta e seis meses: homologação dos conjuntos de componentes para veículos da Fase III PROCONVE, obedecidas as exigências prescritas nas Resoluções CONAMA por marca, modelo e configuração de motor do veículo.

A homologação dos Sistemas de Conversão destinados a veículos das fases posteriores à Fase III PROCONVE também é feita segundo as normas que as regem, por marca, modelo e configuração de motor do veículo. Os níveis de emissão de poluentes do veículo com Sistema de Conversão não devem superar os níveis de

emissão obtidos pelo veículo antes da instalação do sistema, a exceção da emissão de Hidrocarbonetos Totais (HC).

Os ensaios para obtenção do Certificado para conjunto de componentes devem ser realizados no Brasil, em laboratório vistoriado pelo IBAMA ou credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, conforme normas nacionais e acompanhados por técnico responsável. Dessa forma, somente os Sistemas de Conversão detentores do Certificado podem ser instalados em veículos leves nacionais, devendo ser mantidas as características técnicas e os componentes originalmente certificados. A Tabela 3.3.1 apresenta a relação dos 51 Sistemas de Conversão detentores do Certificado no Brasil, e os respectivos sistemas de injeção utilizados, de acordo com dados do IBAMA (2006).

1 - RODAGÁS DO BRASIL SISTEMAS A GAS LTDA. Sistema de Conversão: RODAGAS 16.000 (1.501 a 2.000 cm ³) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 001/2003
2 - RODAGÁS DO BRASIL SISTEMAS A GÁS LTDA. Sistema de Conversão: RODAGAS 17.000 (1.501 a 2.000 cm ³) e Sistema de Injeção de GNV multiponto seqüencial - CAGN: 002/2003
3 - BIOGAS COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA. Sistema de Conversão: OMVL e Sistema de Injeção de GNV, marca OMVL - CAGN: 003/2003
4 - ATODOGAS IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO, COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA. Sistema de Conversão: GNC / GALILEO e Sistema de Injeção de GNV, marca GNC/GALILEO - CAGN: 004/2003
5 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA. Sistema de Conversão: BRC (até 1.000 cm ³) e Sistema de Injeção de GNV, marca BRC - CAGN: 005/2003
6 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 006/2003
7 - KGM DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: CGN1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 007/2003
8 - NETGAS LTDA. Sistema de Conversão: NET GAS POCKET e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 008/2003
9 - LANDI RENZO DO BRASIL/LR INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: LANDI RENZO LCS/2 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 009/2003
10 - GNV 382 PEÇAS LTDA. Sistema de Conversão: MAZZI ECO e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 010/2003
11 - LANDI RENZO DO BRASIL/LR INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: LANDI RENZO LCS A/1 V05 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 11/2003
12 - METAN 2.001 DE QUATIS IND. E COM. LTDA. Sistema de Conversão: METAN LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 12/2003
13 - POWER GAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: POWER GAS LCS A1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 13/2003
14 - BUGATTI DO BRASIL - COMÉRCIO, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA. Sistema de Conversão: BUGATTI LCS/ A1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 14/2003
15 - FBM TECNO EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO LTDA. Sistema de Conversão: FBM LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 15/2003
16 - OYRSA GNV DO BRASIL EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA LTDA. Sistema de Conversão: OYRSA BR I e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 16/2003
17 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 17/2003
18 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 18/2003
19 - ELETRICA AUTO LTDA. Sistema de Conversão: ITAGAS LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 19/2003

Tabela 3.3.1 - Empresas e Sistemas de Conversão detentores de CAGN no Brasil (Fonte: IBAMA, 2006).

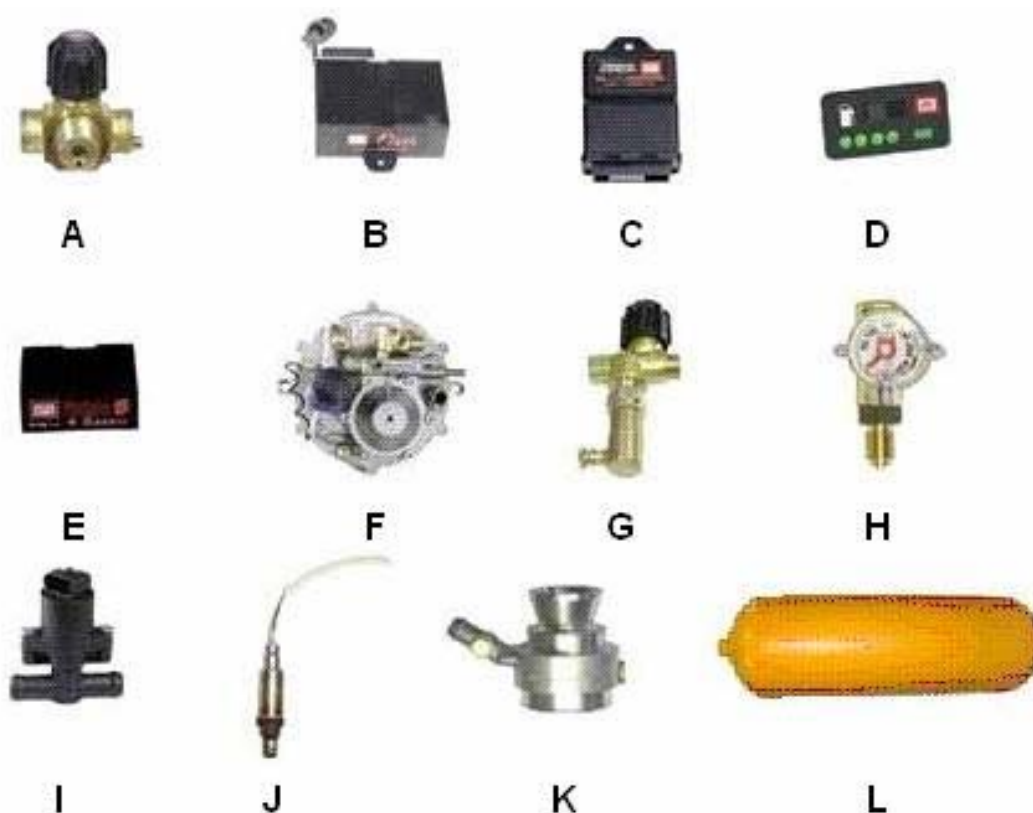
20 - BIOGAS COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA. Sistema de Conversão: REG e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 20/2004
21 - PGN GAS AUTOMOTIVO IMPORT E EXPORT LTDA. Sistema de Conversão: PGN/Pelmag - IB - 001 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 21/2004
22 - BAHIA COMSI LTDA. Sistema de Conversão: HDG K01 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 22/2004
23 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 23/2004
24 - BAHIA COMSI LTDA. Sistema de Conversão: TL LOGIKA (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 24/2004
25 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP/1 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 25/2004
26 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: 291.XLP/2 (até 1.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 26/2004
27 - ISAPA IMPORTAÇÃO E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: STEFANELLI ECO 01 (até 1.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 27/2004
28 - TUPAMPLAS COMERCIAL IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA. Sistema de Conversão: FUNDEMAP K01 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 28/2004
29 - PVR DO BRASIL TECNOLOGIA LTDA. Sistema de Conversão: PVR-SM (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 29/2004
30 - OSASGAS LAPENA MECÂNICA GERAL E INSTALAÇÃO DE GAS AUTOMOTIVO LTDA. Sistema de Conversão: OSASGAS (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 30/2004
31 - BBGAS DO BRASIL COMÉRCIO IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS LTDA. Sistema de Conversão: ABA GAS K01 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 31/2004
32 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: REG/GNV PEÇAS (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 32/2004
33 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA. Sistema de Conversão: BRC JUST (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 33/2005
34 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA. Sistema de Conversão: JUST HIGH-TECH (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 34/2005
35 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA. Sistema de Conversão: BRC BLITZ (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 35/2005
36 - ICTUS ENGENHARIA REPRESENTACOES E SERVICOS LTDA. Sistema de Conversão: DINAMOTOR DR 02 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 36/2005
37 - KGM INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PEÇAS AUTOMOTIVAS LTDA. Sistema de Conversão: CGN 02 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 37/2005
38 - ROR INSTALADORA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: SPEED CAR (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 38/2005
39 - VERPTRO BRASIL ELECTRONICS LTDA. Sistema de Conversão: CFG II (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 39/2005
40 - TECHNOGAS DO BRASIL LTDA. Sistema de Conversão: IZAWA IZ-02 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 40/2005
41 - SULTECNICA INDÚSTRIA COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO DE MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA. Sistema de Conversão: PRESSOR/ZETRONIC KPZ 001 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 41/2005
42 - CONVERTINGEL EQUIPAMENTOS PARA GNV LTDA. Sistema de Conversão: PFABER MD-09 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 42/2005
43 - NETGAS LTDA. Sistema de Conversão: NETGAS POCKET II (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 43/2005
44 - CMC GAS NATURAL LTDA. Sistema de Conversão: CMC-TES (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 44/2005
45 - ASTECOMP - INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA . Sistema de Conversão: FUNDEMAP K01 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 45/2005
46 - LOVATO DO BRASIL SISTEMAS AUTOMOTIVOS LTDA. Sistema de Conversão: Lovato-Lov-eco (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 46/2005
47 - OYRSA GNV DO BRASIL EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA LTDA. Sistema de Conversão: OYRSA BR II (1.001 a 1.500 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 47/2005
48 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Sistema de Conversão: TURY C RG (1.501 a 2.500 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 48/2005
49 - CONVERTINGEL EQUIPAMENTOS PARA GNV LTDA. Sistema de Conversão: PFABER GN 09 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 49/2005
50 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA. Sistema de Conversão: BRC Sequent (2.001 a 2.500 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 50/2005
51 - ASTECOMP - INDUSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA. Sistema de Conversão: FUNDEMAP/BCO (1.001 a 1.500 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 51/2005

Tabela 3.3.1 - Empresas e Sistemas de Conversão detentores de CAGN no Brasil (Fonte: IBAMA, 2006).

3.4 Sistemas de Conversão Geração 3 e Geração 5

Atualmente, os Sistemas de Conversão Geração 3 e Geração 5 são os mais aplicados em veículos leves com sistema de injeção eletrônica de combustível. As características de ambos sistemas são resumidamente descritas e comparadas abaixo.

A Figura 3.4.1 demonstra a lista dos principais componentes de um Sistema de Conversão típico da Geração 3.



- A - Válvula de segurança do cilindro de Gás Natural
- B - Emulador do sensor de Oxigênio e gerenciador eletrônico
- C - Variador de avanço do ponto de ignição
- D - Chave comutadora
- E - Emulador das válvulas injetoras
- F - Redutor de pressão
- G - Válvula de abastecimento do cilindro de gás
- H - Manômetro
- I - Motor de passo ou atuador
- J - Sensor de Oxigênio
- K - Misturador Ar-Gás Natural
- L - Cilindro de Gás Natural

Fig. 3.4.1 - Principais componentes de um Sistema de Conversão Geração 3 (Fonte: White Martins, 2005)

A - Válvula de segurança do cilindro de Gás Natural: conectada ao cilindro por meio de rosca cônica padrão, a válvula possui as funções:

- Dispositivo para controle de excesso de vazão, interrompendo a vazão de gás em caso de ruptura nos tubos subseqüentes à válvula;
- Dispositivo para controle de excesso de pressão, liberando a vazão de gás para a atmosfera em caso de aumento de pressão no cilindro;
- Manícula de fechamento rápido, permitindo controle manual da vazão de gás através da válvula.

B - Emulador do sensor de Oxigênio e gerenciador eletrônico: O emulador é um dispositivo eletrônico que utiliza o sinal elétrico do sensor de Oxigênio para os parâmetros de funcionamento do motor com Gás Natural, ajustando a vazão de gás em função da estequiometria dos gases de escape. O emulador também simula o sinal do sensor de oxigênio para o módulo da injeção eletrônica original, enquanto o veículo utiliza Gás Natural. O gerenciador eletrônico efetua a gestão dos sinais recebidos dos componentes do Sistema de Conversão, rastreando o sistema e garantindo a correta atuação do motor de passo.

C - Variador de avanço do ponto de ignição: dispositivo eletrônico que corrige o ponto de ignição para o uso de Gás Natural, devido à diferença da velocidade de propagação de chama entre o combustível gasoso e líquido. O variador processa as informações recebidas da unidade de comando da ignição eletrônica, antecipando o ponto de ignição em função da rotação do motor entre cerca de 3° e 15°. O dispositivo é ativado somente quando o veículo utiliza Gás Natural.

D - Chave comutadora: dispositivo instalado no painel do veículo que permite a seleção do combustível - gasoso ou líquido - por meio de válvula elétrica. Geralmente possui acoplado um sistema de medição da quantidade percentual de Gás Natural nos cilindros por meio de lâmpadas indicadoras - *leds*.

E - Emulador das válvulas injetoras: dispositivo que, ao mesmo tempo, interrompe e simula o funcionamento das válvulas injetoras do combustível original, evitando que o módulo da injeção eletrônica registre falsos códigos de avarias. Dessa forma, o emulador das válvulas injetoras impede a injeção dos combustíveis líquido e gasoso ao mesmo tempo.

F - Redutor de pressão: dispositivo responsável pela redução da pressão do Gás Natural contido no cilindro em três estágios.

No primeiro estágio, uma válvula solenóide permite a vazão do gás quando a chave comutadora é acionada. O gás à pressão de cerca de 220 kgf/cm^2 flui para um compartimento do redutor, através de uma válvula controlada por diafragma de borracha, sendo mantido a pressão média de $4,5 \text{ kgf/cm}^2$. A variação da pressão do gás promove redução da temperatura no redutor, que pode ser elevada por meio de resistência elétrica ou reaproveitamento do fluido de arrefecimento do motor.

No segundo estágio, a pressão do gás é reduzida para cerca de $1,5 \text{ kgf/cm}^2$, de forma que o fluxo de gás não sofra variação com a queda de pressão no compartimento, a medida em que o mesmo é consumido. A redução de pressão nesse estágio também é efetuada através de uma válvula controlada por diafragma de borracha.

No terceiro estágio, o redutor fornece a quantidade de gás necessária ao motor, através de um dispositivo que permite regular o fornecimento do gás em função da demanda. Com pressão reduzida à cerca de $1,0 \text{ kgf/cm}^2$, o gás é aspirado no coletor de admissão por depressão. Um dispositivo permite ainda regulagem de vazão para situações de rotação e carga mínima do motor - marcha lenta.

G - Válvula de abastecimento do cilindro de gás: conector do tipo “engate rápido” e destinado ao abastecimento do cilindro de Gás Natural. Deve possuir dispositivos de alívio de pressão e de retenção de fluxo em caso de irregularidade, além de identificação do tipo de gás e da pressão máxima de abastecimento.

H - Manômetro: o dispositivo indicador de pressão é instalado entre a válvula de abastecimento e o redutor de pressão, medindo continuamente a pressão do Gás Natural contido no cilindro. O manômetro também envia sinal elétrico a um sistema de medição - geralmente localizado na chave comutadora, que é interpretado como a quantidade percentual de Gás Natural nos cilindros.

I - Motor de passo ou atuador: dispositivo responsável pelo ajuste da razão Ar-Gás Natural no coletor de admissão no motor do veículo. O motor de passo é instalado após o redutor de pressão, e controla a vazão de Gás Natural através do sinal recebido do sensor de Oxigênio. O sinal varia em função de parâmetros como rotação e carga solicitada pelo motor do veículo.

J - Sensor de Oxigênio: também denominado sonda lambda, gera um sinal elétrico em função da quantidade de Oxigênio presente nos gases de escape, para que o módulo de comando "ECU" possa variar a quantidade de combustível injetado. O sensor consiste de um corpo cerâmico poroso, cuja superfície é provida de eletrodos de Platina permeáveis ao gás. A cerâmica se torna condutora em temperaturas elevadas, e a diferença de teor de Oxigênio entre o lado do sensor em contato com o Gás de escape e o lado em contato com o ar ambiente gera tensão elétrica (sinal) entre os eletrodos.

K - Misturador Ar-Gás Natural: promove a homogeneidade da mistura do Ar com Gás Natural através do princípio de Venturi. O perfil do Tubo de Venturi é dimensionado em função de parâmetros como forma do escoamento, velocidade e pressão ao longo do perfil, ângulos de entrada e de saída e qualidade da superfície do perfil, razão da mistura e densidade do Ar e do gás, para que haja variação de pressão corretamente determinada e distribuída ao longo do comprimento do misturador. A área da garganta do Venturi deve ser suficiente para permitir a mistura Ar-combustível adequada ao motor, porém limitando perdas de carga na admissão e consumo inadequado de combustível.

L - Cilindro de Gás Natural: armazena o Gás Natural comprimido a pressão aproximada de 220 kgf/cm². O cilindro é fabricado e ensaiado sob normas

específicas, a partir de tubos sem costura ou por embutimento em chapa plana, geralmente de Aço com liga de Cromo e Molibdênio. Existem ainda cilindros fabricados em Alumínio e reforçados com fibra de Carbono, significativamente mais leves - e onerosos - que os cilindros convencionais.

O cilindro é fixado à carroceria do veículo através de suporte constituído de cintas abraçadeiras que envolvem o cilindro, cintas ou batentes limitadores que evitam o deslocamento do cilindro, berço que acomoda o cilindro, travessas que fixam berço e abraçadeiras ao veículo e parafusos sob normas específicas.

Diversos componentes de Sistemas de Conversão da Geração 5 são comuns aos de Sistemas de Conversão da Geração 3. A principal diferença consiste da utilização de uma galeria de válvulas com sistema de injeção eletrônica seqüencial de Gás Natural - vulgo flautas, sendo uma válvula para cada cilindro do motor. Desenvolvido em parceria entre fornecedor e montadora, o Sistema de Conversão Geração 5 abaixo descrito integra e elimina duplicidade de componentes da injeção de combustível líquido e gasoso como: emulador do sensor de Oxigênio e gerenciador eletrônico, variador de avanço do ponto de ignição, chave comutadora, emulador das válvulas injetoras e misturador Ar-Gás Natural. A Figura 3.4.2 mostra a galeria de válvulas com sistema de injeção eletrônica seqüencial de Gás Natural.



Fig. 3.4.2 - Galeria de válvulas com sistema de injeção eletrônica seqüencial de Gás Natural (Fonte: Magneti Marelli, 2006).

Um único módulo eletrônico controla a injeção do combustível líquido e gasoso, e seleciona preferencialmente o consumo de Gás Natural. Dessa forma, o sistema dispensa a necessidade de instalação de chave comutadora de combustível no painel do veículo. Em situações de maior demanda de potência do motor, o sistema seleciona automaticamente o combustível líquido disponível no tanque - Álcool, Gasolina pura ou com adição de Álcool.

Por se tratar de equipamento original do veículo, o sistema dispensa componentes necessários à conversão nas gerações anteriores, apresentando vantagem na redução de custos em componentes integrados. O sistema também possibilita às montadoras redução de custos com unificação de componentes do sistema de injeção de combustível, para veículos destinados ao mercado doméstico e de exportação.

3.5 Conclusões sobre aspectos técnicos de Sistemas de Conversão

Apesar da regulamentação imposta, e da existência de 51 modelos de Sistemas de Conversão detentores de CAGN no Brasil, diversas oficinas realizam a instalação de sistemas fora da regulamentação. A redução do preço de venda - ou ainda o aumento da margem de lucro - pode ser apontado como o principal motivo da prática por parte das oficinas de conversão. Duas principais irregularidades são observadas:

1 - Instalação de componentes diferentes dos conjuntos de componentes originalmente certificados. Determinadas oficinas selecionam vários componentes de diferentes empresas, formando um Sistema de Conversão com custo relativamente menor do que o sistema completo e da mesma empresa.

Existem ainda situações em que o componente é substituído por outro de característica técnica inadequada ao sistema. Como exemplo, o emulador das válvulas injetoras de combustível é substituído por uma chave comutadora do tipo relé, que com funcionamento incorreto pode inclusive ocasionar desgaste prematuro dessas válvulas. O misturador Ar-Gás Natural original também é freqüentemente substituído por componentes inadequados, fabricados a partir do perfil e da área da garganta do

Tubo de Venturi. Um misturador dimensionado de maneira incorreta causa ao veículo variação do consumo de combustível - gasoso ou líquido, além de desgaste prematuro de componentes do motor e aumento dos níveis de emissão de poluentes.

2 - Exclusão de componentes originais aos conjuntos originalmente certificados, ou instalação de conjunto inferior às características técnicas dos veículos. O Sistema de Conversão executa as funções, porém de maneira inadequada ou inferior à originalmente prevista. São componentes normalmente excluídos do conjunto original e as respectivas conseqüências:

Variador de avanço do ponto de ignição: a propagação da chama no tempo incorreto causa redução do rendimento térmico, além de desgaste prematuro de componentes do motor e aumento dos níveis de emissão de poluentes. Em veículos com sistema de ignição via distribuidor mecânico, o ponto de ignição é normalmente antecipado, para melhor eficiência térmica no uso de Gás Natural. Porém, o efeito se inverte quando o veículo utiliza o combustível líquido original, em especial nos movidos a Gasolina. A alteração do ponto de ignição causa o fenômeno conhecido como detonação ou auto-ignição, provocando danos às válvulas e suas sedes, pistões e anéis.

Sistema de aquecimento do redutor de pressão: a exclusão do sistema de aquecimento impede a manutenção da temperatura do redutor de pressão, que resfria durante o processo de descompressão do gás. Sob baixas temperaturas, o redutor não opera de modo adequado, e eventualmente pode acumular gelo na superfície externa.

A instalação de conjuntos de componentes inferiores às características técnicas dos veículos pode causar, além do não aproveitamento do melhor rendimento térmico com Gás Natural, danos aos componentes originais do veículo. Como exemplo, a instalação de Sistemas de Conversão Geração 3 ou inferiores em veículos com coletor de admissão plástico freqüentemente causa a ruptura do componente, devido ao fenômeno de *back fire* - retorno da chama ao coletor. Para veículos com essa configuração, é aconselhável a instalação de Sistemas de Conversão Geração 4 ou 5, devido à ausência de misturador e à posição onde o Gás Natural é injetado.

As irregularidades acima citadas somente podem ser evitadas pelo consumidor através da instalação de Sistema de Conversão detentor de CAGN, em oficinas com CRI - Certificado de Registro de Instalador e credenciadas pelo INMETRO.

Da mesma forma, a aquisição de veículo com Sistema de Conversão original da montadora garante ao consumidor o atendimento da regulamentação vigente. Porém, diferente dos veículos convertidos em oficinas independentes, veículos com essa característica são desenvolvidos em parceria com o fornecedor do sistema. Além da manutenção da garantia do veículo, a instalação de Sistema de Conversão original da montadora promove ao consumidor outras vantagens técnicas em relação à instalação em oficina independente:

- Possibilidade de desenvolvimento de Sistema de Conversão dedicado à versão específica de veículo, devido à parceria entre fornecedor e montadora. A maior disponibilidade de equipamentos, instalações e corpo técnico especializado também promove às montadoras facilidades no desenvolvimento de Sistemas de Conversão, em relação às oficinas independentes.

- Eliminação de duplicidade de componentes da injeção de combustível líquido e gasoso, e conseqüente vantagem na redução de custos em componentes integrados. O Sistema de Conversão Geração 5 desenvolvido em parceria entre fornecedor e montadora é um exemplo dessa vantagem.

Os Itens 6.6 - Mercado nacional de oficinas de conversão registradas pelo INMETRO e 6.7 - Programa das montadoras para instalação de Sistema de Conversão apresentam informações complementares ao presente Item.

4 ASPECTOS ECONÔMICOS

4.1 Custos de exploração de Petróleo e Gás Natural

Os custos incidentes sobre companhias de exploração e produção de Petróleo e Gás Natural podem ser divididos em quatro grandes grupos, de acordo com Gallun; Stevenson; Nichols (1993).

- Custos de aquisição: provenientes da aquisição da propriedade de bens - custos provenientes do direito à exploração, perfuração de poços e produção de Petróleo e Gás Natural. Os direitos são normalmente adquiridos pelas companhias através de contratos de *leasing* ou arrendamento para minerais, Petróleo e Gás Natural.

- Custos de exploração: provenientes da exploração da propriedade, o que envolve a identificação de áreas que possam ser examinadas e o exame de áreas específicas, incluindo a perfuração de poços de exploração.

- Custos de desenvolvimento: provenientes da preparação para produção das reservas comprovadas, os custos envolvem o acesso às reservas comprovadas e a provisão de equipamentos para extração, tratamento, transporte em dutos e armazenagem de Petróleo e Gás Natural.

- Custos de produção: provenientes do transporte de Petróleo e Gás Natural da reserva para a superfície e dos processos de extração, tratamento e armazenagem.

4.2 Exploração nacional de Petróleo e Gás Natural

4.2.1 A Lei do Petróleo

A necessidade de redimensionamento da participação do Estado brasileiro nas áreas de Energia, Telecomunicações e Infra-Estrutura foi o fator responsável pela aprovação do Congresso Nacional, em 9 de Novembro de 1995, da Emenda

Constitucional nº 9. Nas questões referentes ao Petróleo e Gás Natural, a Emenda flexibilizou a forma de execução do monopólio da União para atividades de exploração, desenvolvimento e produção.

De maneira a iniciar o processo de regulamentação da Emenda Constitucional nº 9, o Congresso Nacional aprovou a Lei nº 9.478 em 6 de Agosto de 1997, denominada Lei do Petróleo. A referida Lei dispõe sobre a política energética brasileira e estabelece condições para o exercício das atividades econômicas abrangidas pelo monopólio, referentes ao transporte, importação e exportação de Petróleo e derivados e de Gás Natural, além do refino de Petróleo e do processamento de Gás Natural.

A Lei do Petróleo também viabilizou a criação da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. O órgão é vinculado ao MME - Ministério de Minas e Energia - e responsável pela regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas desses combustíveis. A Agência também elabora editais e promove licitações para concessão de direitos ao exercício de atividades de exploração, desenvolvimento e produção de Petróleo e Gás Natural.

4.2.2 Contratos de concessão de blocos de exploração

Até então executora do monopólio da União, a Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A - teve ratificado o direito sobre os blocos exploratórios e áreas em desenvolvimento em que realizou investimentos, na forma de contratos de concessão. No caso das áreas produtoras, teve ainda os direitos assegurados sobre os campos em produção na data de início da vigência da Lei do Petróleo. Em 6 de Agosto de 1998, a Agência assinou 397 contratos de concessão com a Petrobras sem processo de licitação e envolvendo área de 450.000 km², sendo denominado “Brasil Round 0”. Até o ano de 2006, a Agência concluiu sete novas rodadas de licitações e concedeu 384 novos blocos exploratórios em 434.000 km² - cerca de 4,2% da área sedimentar brasileira com interesse para Petróleo. Atualmente, atuam no Brasil 57 concessionárias de exploração e produção de Petróleo e Gás Natural. As duas fases dos contratos de concessão são divididas na seguinte forma:

- Exploração: com duração de dois a oito anos, consiste de aquisição de dados geológicos, geofísicos e perfuração de poços de exploração.

- Produção: caso ocorra descoberta comercial, a empresa realiza investimentos para o desenvolvimento dos campos. Além dos devidos impostos e taxas, as empresas pagam ainda pela licença concedida para exploração (*royalties*), participação do superficiário nos blocos terrestres e participação especial - taxa extra em produções elevadas.

As empresas vencedoras das licitações são definidas pelo programa exploratório e pelo bônus de assinatura - valor monetário oferecido pelo bloco, além do grau de compromisso com a aquisição de bens e serviços nacionais. A Tabela 4.2.2.1 lista as 57 concessionárias nacionais de exploração e produção de Petróleo e Gás Natural.

Agip-ENI	Codemig	Kerr-McGee	Petrogal	Starfish
Alcom	Construtora Pioneira	Koch	PetroRecôncavo	Statoil
Amerada Hess	Delp	Logos	Petroserv	Synergy
Anadarko	Devon	Maersk	Phoenix	TDC
Arbi	Dover	NewField	Queiroz Galvão	TotalFinaElf
Aurizônia	Egesa	Nexen	RAL	Tarmar
BG	El Paso	Norse	Repsol YPF	Unocal
BHP	Encana	Oil M&S	Severo & Vilares	W. Washington
BP	ERG	Orteng	Shell	Wintershall
BrazAlta	Esso	Panergy	Silver Marlin	
C. Foster	Inpex	Partex	Sinalmig	
Chevron	Ipiranga	Petrobras	SK	

Tabela 4.2.2.1 - Concessionárias nacionais de exploração e produção de Petróleo e Gás Natural (Fonte: ANP, 2006).

4.3 Formação de preço do Gás Natural de origem nacional e internacional

Revogando-se a Portaria Interministerial nº 155 de 23 de Junho de 1999, a Portaria Interministerial nº 3 de 1º de Abril de 2000 dos Ministérios de Minas e Energia e da Fazenda visava à desregulamentação progressiva dos preços dos combustíveis, com liberação dos preços do Gás Natural nos pontos de entrega às distribuidoras, a partir da entrada de novos fornecedores. A manutenção de uma política de preços regulados, até o surgimento da competição no fornecimento de Gás Natural às empresas distribuidoras, visava à consolidação de ambiente onde predominassem mecanismos de mercado.

Após 31 de Dezembro de 2001, a Portaria previa a liberação de preços em toda a cadeia de produção e comercialização de combustíveis - refino, distribuição e revenda, não havendo tabelamento, valores máximos e mínimos, participação na formação de preços ou necessidade de autorização prévia da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis para a prática de reajustes de preços.

Mesmo com predomínio dos mecanismos de mercado e liberação de preços em toda cadeia de produção e comercialização, a Agência monitora os preços praticados pelas distribuidoras e postos de combustíveis. O levantamento de preços e de margens de comercialização de combustíveis é realizado pela empresa Análise & Síntese Pesquisa e Marketing S/C Ltda., abrangendo Gasolina, Álcool, Óleo Diesel, Gás Natural Veicular e GLP - Gás Liquefeito de Petróleo.

Além de orientação ao consumidor quanto aos preços praticados no mercado, o levantamento possibilita a Agência identificar infrações de ordem econômica, como formação de “cartel” e “alinhamento” de preços. Os casos são comunicados a SDE - Secretaria de Direito Econômico e ao CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica, órgãos responsáveis pela investigação e aplicação de penalidades previstas em lei para infrações dessa ordem.

No caso de práticas abusivas ou de circunstâncias que afetem a adequada formação de preços, o CNPE - Conselho Nacional de Política Energética - estabelece diretrizes para que a Agência fixe preços máximos em caráter temporário.

A mesma Portaria também estabelece que o Gás Natural importado - atualmente da Argentina e da Bolívia - e destinado à distribuição local, tem preço de venda liberado às distribuidoras. Ainda de acordo com a Portaria, valem os contratos já existentes ou futuros, negociados livremente entre as partes. Apesar do preço do Gás Natural importado ser determinado através de acordo entre as partes e expresso contratualmente, também cabe a Agência a resolução de eventuais conflitos e o monitoramento das práticas de mercado.

4.4 Preço médio ao consumidor - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular

A Tabela 4.4.1 apresenta o preço médio nacional ao consumidor entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2005 para Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2006).

Os preços são expressos em VE - Valor da Época e em VP - Valor Presente de Dezembro de 2005, corrigido monetariamente de acordo com o IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. O índice abrange as famílias com rendimentos mensais compreendidos entre um e quarenta Salários Mínimos, qualquer que seja a fonte de rendimentos, e residentes nas áreas urbanas de onze regiões metropolitanas nacionais: Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Porto Alegre, Brasília e Goiânia. Um Salário Mínimo equivale a R\$ 300,00, em valores de Dezembro de 2005.

Período	GNV R\$/m3 ValorÉpoca	Álcool R\$/l ValorÉpoca	Gasolina R\$/l ValorÉpoca	GNV R\$/m3 Valor Presente	Álcool R\$/l Valor Presente	Gasolina R\$/l Valor Presente	IPCA (%)
Janeiro 2004	1,074	1,205	2,007	1,221	1,370	2,282	0,76
Fevereiro 2004	1,075	1,170	2,003	1,213	1,321	2,261	0,61
Março 2004	1,075	1,105	1,991	1,206	1,240	2,234	0,47
Abril 2004	1,073	1,032	1,972	1,198	1,152	2,202	0,37
Mai 2004	1,069	1,048	1,983	1,189	1,166	2,206	0,51
Junho 2004	1,091	1,136	2,062	1,208	1,257	2,282	0,71
Julho 2004	1,100	1,162	2,107	1,209	1,277	2,316	0,91
Agosto 2004	1,092	1,262	2,127	1,189	1,374	2,316	0,69
Setembro 2004	1,095	1,273	2,124	1,184	1,377	2,297	0,33
Outubro 2004	1,086	1,347	2,161	1,171	1,452	2,330	0,44
Novembro 2004	1,081	1,408	2,190	1,160	1,511	2,351	0,69
Dezembro 2004	1,085	1,437	2,271	1,157	1,532	2,421	0,86
Janeiro 2005	1,088	1,424	2,288	1,150	1,505	2,418	0,58
Fevereiro 2005	1,091	1,412	2,262	1,146	1,484	2,377	0,59
Março 2005	1,094	1,413	2,263	1,143	1,476	2,364	0,61
Abril 2005	1,089	1,411	2,267	1,131	1,465	2,354	0,87
Mai 2005	1,088	1,332	2,253	1,120	1,371	2,319	0,49
Junho 2005	1,000	1,215	2,226	1,024	1,245	2,280	-0,02
Julho 2005	1,121	1,251	2,232	1,149	1,282	2,287	0,25
Agosto 2005	1,120	1,272	2,239	1,145	1,300	2,288	0,17
Setembro 2005	1,194	1,405	2,442	1,218	1,433	2,491	0,35
Outubro 2005	1,194	1,449	2,447	1,214	1,473	2,488	0,75
Novembro 2005	1,206	1,496	2,449	1,217	1,510	2,471	0,55
Dezembro 2005	1,209	1,549	2,457	1,213	1,555	2,466	0,36
Preço médio	1,104	1,301	2,201	1,174	1,380	2,338	

Tabela 4.4.1 - Preço médio ao consumidor entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2005 - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular (Fonte: ANP, 2006).

A Figura 4.4.1 representa a evolução do preço médio nacional ao consumidor em Valor da Época e em Valor Presente de Dezembro de 2005, entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2005 para Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2006).

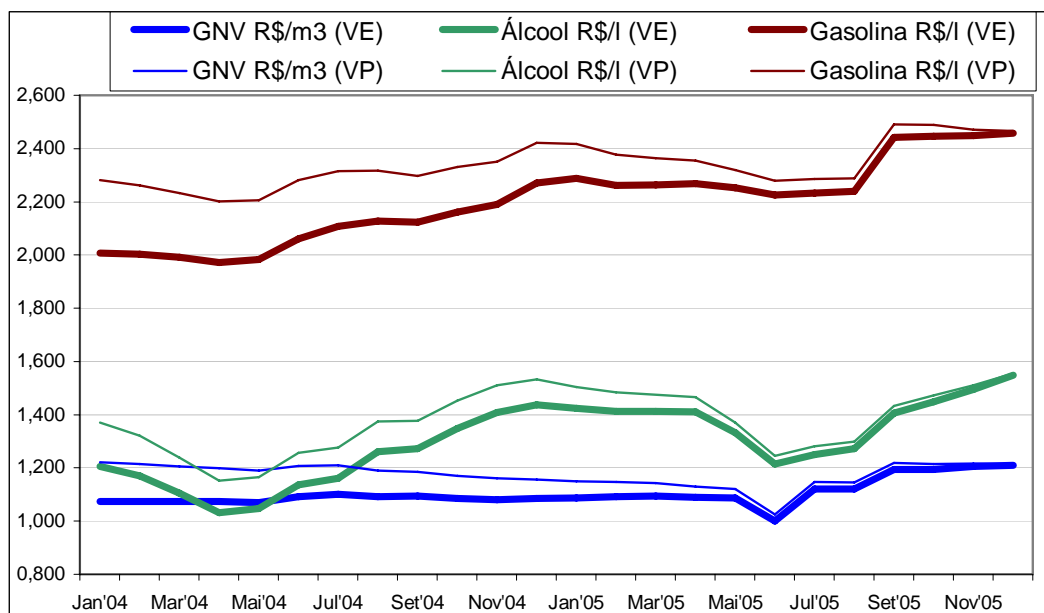


Fig. 4.4.1 - Evolução do preço médio ao consumidor de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2005 - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular (Fonte: ANP, 2006).

Através da Figura 4.4.1, é possível constatar que durante o período de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2005, a Gasolina e o Álcool sofreram aumentos reais de preço em Valor Presente de Dezembro de 2005 (respectivamente 8,1% e 13,5%), enquanto o Gás Natural Veicular sofreu redução real de preço de 0,7% em Valor Presente de Dezembro de 2005.

4.5 Amortização de investimento em Sistema de Conversão

Conforme apresentado no Item 6.7 - Programa das montadoras para instalação de Sistema de Conversão, desde o ano de 2003, as quatro maiores montadoras nacionais ofereceram pelo menos uma versão de veículo com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural Veicular original de fábrica.

A Tabela 4.5.1 apresenta os dados dos veículos oferecidos pelas montadoras, e os respectivos preços dos Sistemas de Conversão em Valor da Época e em Valor Presente de Dezembro de 2005, corrigido pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo.

Modelo	Período	Preço do Sistema de Conversão (R\$)	
		Valor da Época	Valor Presente
GM Astra Sedan Multipower	Agosto 2004	3700,00	4030,00
Fiat Siena 1.8	Novembro 2003	4080,00	4680,00
Ford Ranger 2.3 L	Novembro 2003	5000,00	5046,00
Volkswagen Santana 1.8	Outubro 2003	3100,00	3566,00

Tabela 4.5.1 - Veículos com Sistema de Conversão oferecidos pelas montadoras, e respectivos preços em Valor da Época e em Valor Presente.

Através dos dados de consumo médio dos veículos e de acordo com a NBR 7024 - Veículos rodoviários automotores leves - Medição do consumo de combustível, a Tabela 4.5.2 estima a distância que deve ser percorrida para amortização do investimento no Sistema de Conversão dos quatro veículos, em função da redução de gastos com combustível. Vide Tabelas 6.7.1.1, 6.7.2.1, 6.7.3.1 e 6.7.4.1.

Modelo	Sistema de Conversão VP (R\$)	Preço Combustível Valor Presente			Consumo		Consumo		Economia Combustível R\$/km	Distância Amortização km
		Versão	R\$/l	R\$/m ³	km/l	km/m ³	R\$/km	R\$/km		
					G/A	GNV	G/A	GNV		
GM Astra Sedan Multipower	4.030,00	Álcool	1,380	1,174	8,7	15,0	0,159	0,078	0,080	50.153
GM Astra Sedan Multipower	4.030,00	Gasolina	2,338	1,174	12,0	15,0	0,195	0,078	0,117	34.572
Fiat Siena 1.8	4.680,00	Gasolina	2,338	1,174	14,2	12,4	0,165	0,095	0,070	66.885
Ford Ranger 2.3 L	5.046,00	Gasolina	2,338	1,174	9,0	10,9	0,260	0,108	0,152	33.182
Volkswagen Santana 1.8	3.566,00	Álcool	1,380	1,174	8,7	17,8	0,159	0,066	0,093	38.482
Volkswagen Santana 1.8	3.566,00	Gasolina	2,338	1,174	11,9	16,3	0,196	0,072	0,124	28.655

Tabela 4.5.2 - Estimativa para amortização do investimento no Sistema de Conversão em função da redução de gastos com combustível.

Diversos fatores devem ser considerados na estimativa apresentada na Tabela 4.5.2 para amortização do investimento realizado pelo consumidor na instalação do Sistema de Conversão:

- Os preços dos combustíveis - Gasolina, Álcool e Gás Natural Veicular - refletem a média nacional averiguada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Algumas regiões brasileiras possuem particularidades com relação à oferta e preço de determinados combustíveis, o que varia os resultados da estimativa da amortização do investimento.

- A estimativa considera os dados fornecidos pelas montadoras para o consumo médio dos veículos, de acordo com a norma NBR 7024. As características particulares de cada consumidor na utilização do veículo - maior parte em ciclo urbano ou ciclo em estrada - variam os resultados da estimativa da amortização do investimento em função da distância percorrida.

- O tempo de amortização do investimento no Sistema de Conversão está diretamente relacionado com a distância percorrida pelo veículo em função do tempo. Dessa forma, segmentos de mercado como taxistas e frotistas tendem a reduzir o tempo de amortização do investimento, em função da média elevada de distância percorrida pelo veículo.

- A valorização de mercado obtida por veículos com Sistema de Conversão, no momento da venda, gera amortização parcial do investimento no equipamento. O consumidor tem ainda a possibilidade de transferir integralmente o Sistema de Conversão para outro veículo, desde que as características técnicas dos veículos permitam a instalação - sistema de injeção de combustível, espaço para alojamento do cilindro, entre outros.

4.6 Conclusões sobre aspectos econômicos do Gás Natural Veicular

A sustentabilidade do mercado de Gás Natural para veículos leves tem dependência direta dos aspectos econômicos de sua utilização e da política nacional de preços ao consumidor, devido a sua característica de combustível apenas opcional ao Álcool e a Gasolina. Atualmente, o estabelecimento dessa política está a cargo dos Estados brasileiros, que são responsáveis pela regulação da distribuição de Gás Natural. A Portaria Interministerial número 3 de 17 de Fevereiro de 2000 do MME - Ministério de Minas e Energia - e do MF - Ministério da Fazenda - unifica os preços máximos do Gás Natural vendido às distribuidoras estaduais pela Petrobrás. Entretanto, a Petrobrás arca com os custos da promoção de política de incentivo ao uso veicular, em relação a outras aplicações possíveis de Gás Natural - Industrial, Comercial e Residencial.

Exemplo de contribuição de destaque à manutenção dos preços do Gás Natural Veicular, a Portaria nº 32 de 6 de Março de 2001 criada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis possibilitou aos postos adquirir Gás Natural de qualquer distribuidora presente no mercado. Essa alteração amplia a competição no mercado, pois a legislação anterior obrigava o posto a somente adquirir Gás Natural de sua correspondente distribuidora - vulgo “bandeira”. Com relação ao ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços, a maioria dos Estados aplica alíquota de apenas 12% sobre o Gás Natural Veicular, enquanto o Álcool e a Gasolina são tributados entre 25% e 30%. Outra vantagem tributária do Gás Natural Veicular em relação à Gasolina e o Diesel consiste no não recolhimento de CIDE - Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico.

Na perspectiva do consumidor final, a redução de despesas com consumo de combustível em relação à Gasolina e ao Álcool é o principal fator da instalação de Sistemas de Conversão. A hipótese está baseada na grande parcela de consumidores da tecnologia no segmento de frotistas e taxistas - que normalmente percorrem grandes distâncias em curto período de tempo. A divulgação popular da vantagem - freqüentemente citada como redução de despesas da ordem de 60 a 70% - tem grande apelo mercadológico e é amplamente realizada por meios de comunicação como

imprensa, anúncios do próprio mercado de conversão e consumidores dessa tecnologia. Convém ressaltar que a falta de conhecimento técnico por parte dos pretendidos consumidores podem diminuir ou até inverter a vantagem econômica. Entre os determinantes da vantagem econômica, podem ser citados distância média percorrida por tempo pelo veículo, sistema de injeção e taxa de compressão do veículo, eficiência e autonomia do Sistema de Conversão e preço médio na região de abastecimento.

Ainda em relação ao consumidor final e fatores econômicos, podem ser citados:

- Opção de consumo do combustível mais viável em função da freqüente variação nacional de preços dos combustíveis - flutuação de preços do Petróleo e períodos de entressafra da cana de açúcar;

- O curto prazo de amortização e retorno do investimento no Sistema de Conversão em função da redução de gastos com combustível, em especial para consumidores de regiões com ampla disponibilidade de postos de abastecimento e que freqüentemente percorrem grandes distâncias com o veículo convertido. Taxistas e frotistas em geral podem ser citados como principais exemplos do perfil de consumidor beneficiado.

- Valorização de mercado obtida por veículos com Sistema de Conversão no momento da venda - gerando retorno de parte do investimento no equipamento, ou ainda a transferência do Sistema de Conversão para outro veículo - desde que as características técnicas de ambos permitam.

Para que o Gás Natural Veicular permaneça economicamente viável ao consumidor final, e o mercado nacional em um patamar de crescimento sustentável, é necessário que a atual política de incentivos e de preços diferenciados continue vigorando, mesmo com a abertura do setor de Gás Natural à concorrência. Atualmente, o Gás Natural Veicular representa para o Brasil não somente uma opção de combustível substituto da Gasolina e do Álcool, mas também uma oportunidade real de auxílio ao crescimento econômico, através da geração de significativos investimentos e da criação de novos empregos.

5 ASPECTOS AMBIENTAIS

5.1 Fontes móveis de poluição atmosférica

Segundo Wark; Warner; Davis (1998), graves problemas de poluição atmosférica com influência do uso de veículos foram detectados em 1943 na Cidade de Los Angeles. Em 1948, problemas de irritação ocular se tornaram tão graves que a legislação local criou uma lei de controle da geração de poluição atmosférica com poder de restringir fontes de poluição. A solução apresentada na ocasião foi o controle da emissão de poluentes de fontes exclusivamente estacionárias, porém posteriormente foi constatado que a poluição da cidade era de composição diferente de cidades industriais como Londres e Pittsburg. Somente após um programa de pesquisa empreendido pelo Estado da Califórnia, foi possível detectar a outra grande fonte de poluição atmosférica local. Os Hidrocarbonetos (HC) reagem com os Óxidos de Nitrogênio (NO_x) através da radiação solar, formando substâncias irritantes aos olhos como Peroxiacilnitrito (PAN) e Ozônio (O_3). A partir desse período, um significativo número de pesquisas e estudos foi direcionado a poluição atmosférica gerada pela combustão de Hidrocarbonetos. Para efeito de comparação dos resultados obtidos com avanços na redução da emissão de poluentes nos Estados Unidos, veículos leves da década de 50 emitiam, em média, 52,0 g/km de Monóxido de Carbono (CO), 7,8 g/km de Hidrocarbonetos (HC) e 2,2 g/km de Óxido de Nitrogênio (NO_x). Em 1996, a legislação do país já restringia valores acima de 2,04 g/km de (CO), 0,15 g/km de (HC) e 0,24 g/km de (NO_x), valores equivalentes a 4%, 2% e 10% dos emitidos na década de 50.

Apesar da elevada redução dos níveis de emissões de poluentes ocorrida nas últimas décadas, fatores como aumento da frota mundial - de 50.000.000 em 1960 para mais de 500.000.000 em 2000 - e aumento do tempo de permanência em trânsito diminuem ou até anulam os resultados dos avanços tecnológicos alcançados.

De acordo com CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005), a maior concentração de veículos leves do Brasil ocorre na RMSP - Região Metropolitana de São Paulo. Além da capital São Paulo, a Região envolve mais 38

Municípios, em área de 8.051 km² e população estimada em 20.500.000 de habitantes em 2005 - cerca de 2.546 habitantes/km². A frota de veículos leves em 1980 era composta por 1.000.000 de unidades, e no final de 2005 atingiu 6.850.000 unidades, o equivalente a um veículo para cada três habitantes. A elevada concentração de veículos requer medidas da CET - Companhia de Engenharia de Tráfego - tais como “Rodízio Municipal de Veículos” no denominado centro expandido da Cidade de São Paulo, de maneira a atenuar o trânsito e a poluição atmosférica da região.

A Figura 5.1.1 mostra a redução de emissões médias de veículos leves movidos a Gasolina e Álcool, comparada com o aumento da frota na RMSP, entre 1980 e 2005.

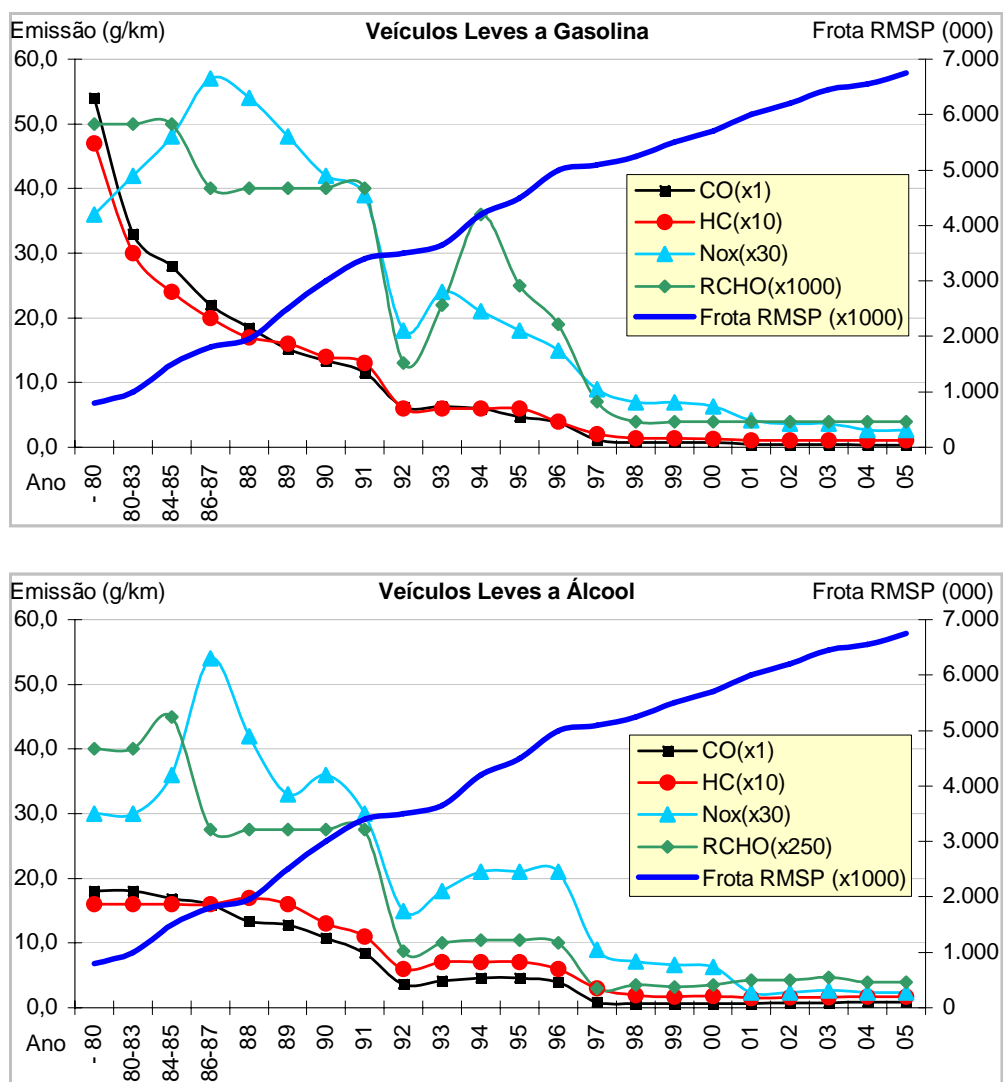


Fig. 5.1.1 - Redução de emissões médias de veículos leves movidos a Gasolina e Álcool *versus* aumento da frota na RMSP, entre 1980 e 2005 (Fonte: CETESB, 2005).

Tanto veículos movidos a Gasolina quanto movidos a Álcool, apresentaram considerável redução do nível de emissões de poluentes. Durante o mesmo período, a frota de veículos leves da região aumentou de 1.000.000 para 6.850.000 de unidades (Eixo das Coordenadas da direita, em milhares de unidades), fato que reforça a importância dos programas nacionais de controle de poluição do Ar por veículos.

5.2 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental é o órgão técnico conveniado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis para assuntos relativos à homologação de veículos, além de órgão responsável por implantar e operacionalizar o PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.

Para atender às necessidades brasileiras, a Companhia adaptou metodologias internacionais e desenvolveu fundamentos técnicos para redução e controle da poluição gerada por veículos automotores, possibilitando que em 1986 o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - criasse a Resolução nº 18, denominada PROCONVE.

Posteriormente, o PROCONVE foi complementado por outras Resoluções do CONAMA, como a publicação no Diário Oficial da União da Lei Federal nº 8723 em 29 de Outubro de 1993, definindo os limites de emissão para veículos leves. Os fatores médios e os limites máximos de emissão de poluentes em veículos leves de passageiros e comerciais novos definidos pelo PROCONVE são apresentados em quatro tabelas a seguir:

A Tabela 5.2.1 apresenta os fatores médios de emissão de veículos leves novos.

A Tabela 5.2.2 apresenta os limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros.

A Tabela 5.2.3 apresenta os limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referêcia para ensaio menor que 1.700 kg.

A Tabela 5.2.4 apresenta os limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referêcia para ensaio maior que 1.700 kg.

Os limites impostos nas Tabelas 5.2.2, 5.2.3 e 5.2.4 também são denominados Fases do PROCONVE, da seguinte forma:

Fase III PROCONVE - limites válidos até 31 de Dezembro de 2006;

Fase IV PROCONVE - limites válidos desde 1º de Janeiro de 2005, sendo:

2005: para 40% dos veículos comercializados;

2006: para 70% dos veículos comercializados;

A partir de 2007: para 100% dos veículos comercializados.

Fase V PROCONVE - limites válidos a partir de 1º de Janeiro de 2009.

Ano Modelo	Combustível	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	Emissão Evaporativa de Combustível (g/teste)
PRÉ-1980	Gasolina	54,0	4,7	1,2	0,05	ND
1980-1983	Gasolina C	33,0	3,0	1,4	0,05	ND
	Álcool	18,0	1,6	1,0	0,16	ND
1984-1985	Gasolina C	28,0	2,4	1,6	0,05	23,0
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10,0
1986-1987	Gasolina C	22,0	2,0	1,9	0,04	23,0
	Álcool	16,0	1,6	1,8	0,11	10,0
1988	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,04	23,0
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10,0
1989	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (0%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-8%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
1990	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (0%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
1991	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
1992	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
1993	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
1994	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
1995	Gasolina C	4,7 (-83%)	0,6 (-75%)	0,6 (-62%)	0,025 (-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
1996	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
1997	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-82%)
1998	Gasolina C	0,79 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,81 (-96%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,19 (-88%)	0,24 (-80%)	0,014 (-92%)	1,33 (-87%)
1999	Gasolina C	0,74 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,79 (-96%)
	Álcool	0,60 (-96%)	0,17 (-88%)	0,22 (-80%)	0,013 (-92%)	1,64 (-84%)
2000	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
2001	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)
2002	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-95%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	ND
2003	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	0,09 (-93%)	0,019 (-89%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	ND
2004	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	ND
	Gasolina C	0,35 (-99%)	0,11 (-95%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,69 (-97%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,39 (-99%)	0,08 (-97%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,46 (-97%)	0,14 (-91%)	0,14 (-91%)	0,014 (-92%)	ND

1 - médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume de produção.

ND - não disponível.

% - refere-se à variação em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.

Gasolina C - 78% Gasolina + 22% Álcool Anidro (em volume)

RCHO - Formaldeído + Acetaldeído.

Tabela 5.2.1 - Fatores médios de emissão de veículos leves novos (Fonte: PROCONVE, 2005).

POLUENTES	LIMITES (FASES III, IV e V PROCONVE)		
	até 31/12/06	desde 01/01/05 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/09
Monóxido de Carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 ⁽²⁾	0,30 ⁽²⁾
Hidrocarbonetos não Metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
Óxidos de Nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 ⁽³⁾ ou 0,60 ⁽⁴⁾	0,12 ⁽³⁾ ou 0,25 ⁽⁴⁾
Material Particulado (MP em g/km)	0,05	0,05	0,05
Aldeídos (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
Emissão Evaporativa (g/Ensaio)	2,00	2,00	2,00
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

(1) em 2005: para 40% dos veículos comercializados;

em 2006: para 70% dos veículos comercializados;

a partir de 2007: para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a Gás Natural Veicular;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a Gasolina ou Etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a Óleo Diesel;

(NE) Não exigível.

Tabela 5.2.2 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros (Fonte: PROCONVE, 2005).

POLUENTES	LIMITES (FASES III, IV e V PROCONVE)		
	até 31/12/06	desde 01/01/05 ⁽¹⁾	A partir de 01/01/09
Monóxido de Carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 ⁽²⁾	0,30 ⁽²⁾
Hidrocarbonetos não Metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
Óxidos de Nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 ⁽³⁾ ou 0,60 ⁽⁴⁾	0,12 ⁽³⁾ ou 0,25 ⁽⁴⁾
Material Particulado (MP em g/km)	0,05	0,08	0,05
Aldeídos (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
Emissão Evaporativa (g/Ensaio)	2,00	2,00	2,00
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

(1) em 2005: para 40% dos veículos comercializados;

em 2006: para 70% dos veículos comercializados;

a partir de 2007: para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a Gás Natural Veicular;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a Gasolina ou Etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a Óleo Diesel;

(NE) Não exigível.

Tabela 5.2.3 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referência para ensaio menor que 1.700 kg (Fonte: PROCONVE, 2005).

POLUENTES	LIMITES (FASES III, IV e V PROCONVE)		
	até 31/12/06	desde 01/01/2005 ⁽¹⁾	A partir de 01/01/09
Monóxido de Carbono (CO em g/km)	6,20	2,70	2,70
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,50	0,50 ⁽²⁾	0,50 ⁽²⁾
Hidrocarbonetos não Metano (NMHC em g/km)	NE	0,20	0,06
Óxidos de Nitrogênio (NOx em g/km)	1,40	0,43 ⁽³⁾ ou 1,00 ⁽⁴⁾	0,25 ⁽³⁾ ou 0,43 ⁽⁴⁾
Material Particulado (MP em g/km)	0,16	0,10	0,06
Aldeídos (CHO g/km)	0,06	0,06	0,04
Emissão Evaporativa (g/Ensaio)	2,00	2,00	2,00
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

(1) em 2005: para 40% dos veículos comercializados;

em 2006: para 70% dos veículos comercializados;

a partir de 2007: para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a Gás Natural Veicular;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a Gasolina ou Etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a Óleo Diesel;

(NE) Não exigível.

Tabela 5.2.4 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves comerciais e com massa referência para ensaio maior que 1.700 kg (Fonte: PROCONVE, 2005).

Todos veículos comercializados no mercado nacional são submetidos à homologação quanto aos limites máximos de emissão de poluentes. Na homologação, parâmetros do motor e do veículo relacionados a emissões são analisados em ensaios padronizados e com combustíveis de referência, além da realização de ensaios de laboratório com quantificação das emissões de escapamento em comparação com os limites máximos em vigor. O Programa impõe ainda obrigação de autorização especial para uso Gás Natural - CAGN - Certificado Ambiental para o uso do Gás Natural em Veículos Automotores, recolhimento e reparo de veículos em desconformidade de emissões e proibição do comércio de veículos não homologados segundo critérios estabelecidos.

Desde a implantação do Programa, a emissão de poluentes de veículos leves novos foi reduzida em cerca de 95%, através de limitação progressiva de emissões. Tal redução foi possível devido à introdução de tecnologias automotivas como conversor catalítico, Sistema OBD - “On Board Diagnosis”, injeção eletrônica de combustível e melhorias na qualidade dos combustíveis. Atualmente, o PROCONVE negocia com

as montadoras e os refinadores de Petróleo o estabelecimento de novas fases do controle de emissões, prevendo até 2011 um cronograma de implantação de limites cada vez mais restritivos e em fases.

5.3 Poluição gerada pelo uso de combustíveis alternativos em veículos leves

5.3.1 Uso de Gás Natural Veicular e emissões de Formaldeído e Acetaldeído

Segundo Corrêa; Arbilla (2005), dados coletados entre 1998 a 2001 na Cidade do Rio de Janeiro mostram que os níveis de Formaldeído (HCHO) do ar da cidade se elevaram. Para continuidade dos estudos, novas amostras foram coletadas no mesmo local entre 2001 e 2002, dando origem a um trabalho que apresenta as tendências para níveis de Acetaldeído (CH₃CHO) e Formaldeído (HCHO) de 1998 a 2002.

Os dados obtidos nesse estudo são apresentados na Tabela 5.3.1.1. Todas as amostras foram coletadas ao mesmo tempo e sob as mesmas condições.

Data	Período (h)	HCHO (ppb)	CH ₃ CHO (ppb)	Data	Período (h)	HCHO (ppb)	CH ₃ CHO (ppb)
04/12/1998	08:00 - 10:00	10,40	8,45	17/01/2001	08:00 - 10:00	47,19	38,96
04/12/1998	10:00 - 12:00	19,27	22,02	17/01/2001	10:00 - 12:00	54,31	45,60
04/12/1998	12:00 - 14:00	26,41	28,05	17/01/2001	12:00 - 14:00	52,09	39,40
04/12/1998	14:00 - 16:00	21,77	26,43	14/08/2001	06:00 - 09:00	59,77	40,20
Média 1998		19,46	21,24	15/08/2001	06:00 - 09:00	60,69	43,26
				16/08/2001	06:00 - 09:00	50,75	38,74
02/08/1999	08:00 - 10:00	4,72	4,96	10/12/2001	06:00 - 09:00	52,89	34,56
02/08/1999	10:00 - 12:00	5,07	5,36	12/12/2001	06:00 - 09:00	51,59	42,74
02/08/1999	12:00 - 14:00	4,34	4,38	14/12/2001	06:00 - 09:00	34,88	30,15
03/08/1999	08:00 - 10:00	4,20	6,18	Média 2001		51,57	30,29
03/08/1999	10:00 - 12:00	3,84	4,70				
03/08/1999	12:00 - 14:00	4,25	6,32	26/02/2002	08:30 - 10:00	44,76	8,29
04/08/1999	08:00 - 10:00	1,70	2,80	26/02/2002	10:10 - 11:50	99,83	18,82
04/08/1999	10:00 - 12:00	2,04	3,14	26/02/2002	11:50 - 13:30	83,33	16,40
04/08/1999	12:00 - 14:00	1,52	2,36	06/03/2002	08:30 - 10:00	75,02	23,57
05/08/1999	08:00 - 10:00	2,02	2,66	06/03/2002	10:00 - 11:30	83,08	20,49
05/08/1999	10:00 - 12:00	3,04	4,11	06/03/2002	11:30 - 13:30	112,6	17,67
05/08/1999	12:00 - 14:00	2,21	3,72	06/03/2002	13:30 - 15:30	94,88	23,80
06/08/1999	08:00 - 10:00	5,18	8,37	19/08/2002	06:00 - 07:30	21,97	5,25
06/08/1999	10:00 - 12:00	3,92	8,70	19/08/2002	07:30 - 09:00	26,61	6,09
06/08/1999	12:00 - 14:00	2,95	5,56	18/12/2002	09:00 - 11:00	63,06	15,80
Média 1999		3,40	4,89	18/12/2002	11:00 - 13:00	73,49	23,29
				18/12/2002	13:00 - 15:00	74,40	7,82
14/08/2000	06:00 - 09:00	8,88	7,13	19/12/2002	09:00 - 11:00	59,87	16,23
15/08/2000	06:00 - 09:00	10,24	8,46	19/12/2002	11:00 - 13:00	61,78	14,93
16/08/2000	06:00 - 09:00	10,47	9,60	19/12/2002	13:00 - 15:00	65,65	21,65
18/10/2000	08:00 - 10:00	10,70	8,39	20/12/2002	09:00 - 11:00	66,23	16,71
14/11/2000	08:00 - 10:00	30,47	30,52	20/12/2002	11:00 - 13:00	74,65	15,67
14/11/2000	10:00 - 12:00	30,15	27,87	20/12/2002	13:00 - 15:00	74,05	10,21
Média 2000		16,82	15,33	Média 2002		68,13	15,81

Tabela 5.3.1.1 – Dados de 52 amostras coletadas entre 1998 e 2002 na Avenida Presidente Vargas (Rio de Janeiro) (Atmospheric Environment, 2005).

Enquanto os níveis de Acetaldeído permaneceram praticamente inalterados, os níveis de Formaldeído aumentaram de 20 ppb em 1998 para 80 ppb em 2002. A razão entre Formaldeído e Acetaldeído também cresceu na proporção de 10 para 45 no mesmo período de tempo. Tais resultados podem estar relacionados com o aumento no uso de Gás Natural Veicular da frota, em substituição ao uso de Álcool e / ou Gasolina - atualmente com cerca de 20 a 25% de Álcool na composição.

Para confirmar a hipótese, Corrêa; Arbilla (2005) realizaram ensaios de maneira a estimar as emissões de Formaldeído e Acetaldeído em vinte veículos equipados com Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural, conforme Tabela 5.3.1.2. O resultado mostrou razão de emissão Formaldeído / Acetaldeído média de 3,42 enquanto os veículos utilizaram Gás Natural, e média de 0,24 enquanto os mesmos veículos utilizaram Gasolina ou Álcool. De acordo com o autor, os altos níveis de Formaldeído podem ser atribuídos à combustão incompleta do Metano (CH₄) - principal componente do Gás Natural, o qual seria convertido em Formaldeído no conversor catalítico do veículo.

Fabricante	Modelo	Ano Fabricação	Odômetro (km) x 10 ³	Gás Natural (ppm)			Gasolina (ppm)			
				HCHO	CH ₃ CHO	Razão	HCHO	CH ₃ CHO	Razão	
Fiat	Siena	1999	68,0	9,54	5,74	1,66	5,47	16,60	0,33	
	Palio SW	1998	88,0	10,70	3,93	2,72	3,02	17,50	0,17	
	Palio	1998	47,0	21,40	5,87	3,65	4,63	20,70	0,22	
	Tempra	1995	105,0	22,20	7,14	3,11	5,56	21,10	0,26	
	Uno	2000	33,0	16,10	8,98	1,79	2,14	19,50	0,11	
	Uno	1999	69,0	30,40	8,87	3,43	6,18	25,70	0,24	
GM	S 10	1995	78,0	24,70	3,99	6,19	3,59	11,10	0,32	
	Chevette	1990	144,0	21,20	7,44	2,85	4,69	18,80	0,25	
	Celta	2000	61,0	4,65	2,72	1,71	3,84	11,40	0,34	
	Corsa	1997	64,0	13,50	5,33	2,53	3,94	16,60	0,24	
	Astra	2001	48,0	18,70	3,38	5,53	4,41	14,40	0,31	
Ford	Escort	1996	96,0	28,60	4,12	6,94	5,24	23,40	0,22	
	Ka	2000	58,0	19,30	3,39	5,69	4,55	18,70	0,24	
	Focus	2002	11,0	12,20	3,81	3,20	2,40	11,10	0,22	
Volkswagen	Logus	1995	86,0	5,29	5,27	1,00	4,22	13,20	0,32	
	Parati	1999	37,0	11,40	5,18	2,20	3,66	14,80	0,25	
	Santana	2002	16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Gol	1994	154,0	18,20	2,78	6,55	6,63	24,50	0,27	
	Gol	1997	65,0	3,95	1,83	2,16	2,61	7,08	0,37	
Peugeot	206	2001	22,0	18,80	3,45	5,45	3,77	20,70	0,18	
				Média	15,54	4,66	3,42	4,03	16,34	0,24
				Desvio	8,21	2,25	1,94	1,49	6,22	0,08

Tabela 5.3.1.2 – Concentração de Acetaldeído e Formaldeído (ppmv) determinada nos gases de escape de vinte veículos (Atmospheric Environment, 2005).

As amostras de Ar atmosférico coletadas e analisadas na cidade mostram que a concentração de Formaldeído aumentou à razão de quatro vezes entre 1998 e 2002. A análise dos gases de escape dos vinte veículos com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural Veicular demonstrou que as relações Formaldeído / Acetaldeído desses veículos são, em geral, muito maiores do que em veículos movidos a Gasolina. Os resultados sugerem que os altos níveis de Formaldeído na atmosfera estejam relacionados com o aumento do uso de veículos com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural Veicular com características técnicas impróprias.

5.3.2 Alternativas à adição de Chumbo na Gasolina e Gasolina reformulada

Segundo Lora (2002), a Gasolina é uma mistura complexa de centenas de Hidrocarbonetos (HC) diferentes. Como forma de aumentar o número de octanas, quantidades de Chumbo (Pb) da ordem 0,15 a 0,4 g.l⁻¹ eram adicionadas ao combustível. Porém, pesquisas realizadas na década de 70 concluíram que a adição de Chumbo na Gasolina aumenta a concentração do metal na atmosfera, com conseqüentes danos ao desenvolvimento em crianças e problemas de pressão arterial e enfartes. A Agência Norte Americana EPA - Environmental Protect Agency - proíbe o uso de Gasolina com Chumbo em veículos a partir de 1975, sendo desde então observada a redução dos teores de Chumbo no sangue da população. A maioria dos países atualmente segue a mesma tendência, sendo que no Brasil a proibição vale desde 1989.

Como forma de compensação da perda do número de octanas resultante da retirada do Chumbo da Gasolina, as seguintes medidas podem ser adotadas:

- Aumento da severidade do processo de reforma: série de reações químicas que provocam o rearranjo da estrutura molecular dos Hidrocarbonetos, sendo essas reações utilizadas na refinaria de Petróleo para produzir aromáticos e aumentar a proporção de octana de frações de Nafta;
- Alquilação: reunião das moléculas Olefina e Isoparafina a partir do Isobutano, originando uma terceira molécula de peso mais elevado e mais ramificada;

- Isomerização: conversão de Hidrocarbonetos de cadeia normal para Hidrocarbonetos de cadeia ramificada;
- Polimerização: conversão de Olefinas gasosas, tal como Propileno (C_3H_6) e Butileno (C_4H_8), em moléculas de peso mais elevado, dentro da faixa da Gasolina;
- Adição de substâncias oxigenadas como Metanol e MTBE - Metil tert-Butil Éter.

Devido ao custo, o aumento da severidade do processo de reforma é um dos procedimentos mais difundidos da atualidade. Porém, esse processo aumenta o conteúdo de compostos aromáticos na Gasolina e conseqüente influência nociva sobre o conteúdo de compostos orgânicos voláteis nos gases de escape.

O conceito de Gasolina reformulada definido em 1990 pela lei norte americana denominada “Clean Air Act” garante, em comparação com os níveis do mesmo ano, 15% de redução de compostos orgânicos voláteis e o mesmo percentual de redução de concentração de Benzeno (C_6H_6) nos gases de escape. Em 1995, um programa estabeleceu o início da venda de Gasolina reformulada durante o verão em nove áreas metropolitanas dos Estados Unidos, recomendando adição de 2% de Oxigênio (O_2) à Gasolina, com objetivo de diminuição de emissões de Monóxido de Carbono.

5.4 Termoquímica da mistura Ar-Gás Natural

O Gás Natural é uma substância que permanece em estado gasoso nas CNTP - Condições Normais de Temperatura e Pressão, e de características que se adaptam à substituição de combustíveis líquidos para motores ciclo Otto de dois ou quatro tempos.

A Tabela 5.4.1 mostra as principais propriedades do Gás Natural Veicular comercializado no Brasil, segundo dados da Petrobras (2005). Os valores são expressos a temperatura $T=293,15$ K e pressão $p=101,325$ kPa.

Propriedade	Valor
PCS - Poder calorífico superior em volume	39.290 kJ/m ³ ou 9.391 kcal/m ³
PCI - Poder calorífico inferior em volume	35.320 kJ/m ³ ou 8.442 kcal/m ³
PCS - Poder calorífico superior em massa	55.510 kJ/kg ou 13.267 kcal/kg
PCI - Poder calorífico inferior em massa	50.020 kJ/kg ou 11.955 kcal/kg
ρ - Densidade	0,712 kg/m ³
r - Densidade relativa ao ar seco em massa	0,601
T - Temperatura de vaporização	111,15 K (-162 °C)
IW - Índice Wobbe = PCS/ \sqrt{r}	49.950 kJ/m ³ ou 11.939 kcal/m ³
M - Peso molecular	17,41 g/mol
Número de octano (capacidade antidetonante)	115 a 130
z - Fator de compressibilidade	0,998
Limite de inflamabilidade inferior ou mínimo	5 % em volume de ar
Limite de inflamabilidade superior ou máximo	15 % em volume de ar

Tabela 5.4.1 - Principais propriedades do Gás Natural Veicular nacional (Fonte: PETROBRAS, 2005).

O poder calorífico é a quantidade de energia liberada na forma de calor, na combustão completa de uma unidade de massa definida de Gás com Ar, à pressão constante e com todos os produtos de combustão retornando à temperatura inicial dos reagentes. O poder calorífico é denominado superior quando a Água formada na combustão está no estado líquido, e inferior quando todos os produtos, inclusive a água formada na combustão, estão no estado gasoso. Logo, o poder calorífico superior difere do poder calorífico inferior pela entalpia de condensação da água.

O índice de Wobbe é a medida da quantidade de energia disponibilizada em um sistema de combustão através de um orifício injetor. Dois gases de composições distintas, mas com o mesmo índice de Wobbe, disponibilizam a mesma quantidade de energia através de um orifício injetor à mesma pressão.

Os limites de inflamabilidade são medidos em volume. O limite inferior representa a menor proporção de Gás em mistura com Ar que inflama sem aplicação contínua de calor de uma fonte externa. O limite superior representa a proporção de Gás em mistura com Ar, a partir da qual o mesmo age como diluente, e a combustão não se propaga.

A composição do Gás Natural em estado bruto é função de fatores naturais, que determinam os processos de formação e condições de acúmulo no reservatório de origem. A Tabela 5.4.2 mostra os elementos e a fração molar do Gás Natural Veicular comercializado no Brasil, segundo dados da Petrobras (2005).

Elemento	Fração molar
Metano (CH ₄)	0,876
Etano (C ₂ H ₆)	0,091
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,017
Nitrogênio (N ₂)	0,012
Propano (C ₃ H ₈)	0,004
Total	1,000

Tabela 5.4.2 - Elementos e fração molar do Gás Natural Veicular nacional (Fonte: PETROBRAS, 2005).

A temperatura $T = 293,15$ K e pressão $p = 101,325$ kPa, a densidade do Ar seco vale $\rho_{AR} = 1,184$ kg/m³. A Tabela 5.4.3 fornece a proporção dos principais elementos, segundo Heywood (1988).

Elemento	ppm em Volume	Peso Molecular	Fração Molar	Razão Molar
O ₂	209.500	31.998	0,2095	1,000
N ₂	780.900	28.012	0,7905	3,773
Ar	9.300	39.948		
CO ₂	300	44.009		
Ar (Total)	1.000.000	28.962	1,0000	4,773

Tabela 5.4.3 - Proporção dos principais elementos do Ar seco (Fonte: Heywood, 1988).

A predominância na composição do Gás Natural permite que as análises físicas e termodinâmicas sejam realizadas considerando o Metano como único gás na mistura com Ar, sem comprometimento dos resultados. A mistura processada em motores de combustão interna pode ser considerada ideal sob a relação da Equação (1):

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T = m \cdot \frac{\tilde{R}}{M} \cdot T = n \cdot \tilde{R} \cdot T \quad (1)$$

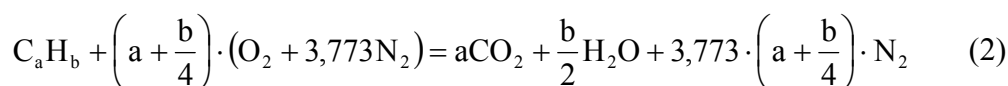
Sendo (p) pressão, (V) volume, (m) massa do gás, (R) constante do gás, (T) temperatura, (\tilde{R}) constante universal dos gases, (M) peso molecular e (n) número de moles.

A quantidade estequiométrica é a exata quantidade de oxidante para processar determinada massa de combustível, expressa pelo conceito razão de equivalência normalizada:

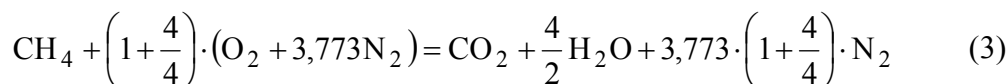
Φ = razão de equivalência combustível-Ar normalizada

λ = razão de equivalência Ar-combustível normalizada

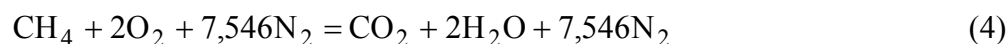
Para um Hidrocarboneto combustível qualquer (C_aH_b), a equação genérica da combustão estequiométrica com Ar pode ser expressa sob a forma da Equação (2):



Para o Metano (CH_4), $a=1$ e $b=4$. A partir da Equação (2), vem a Equação (3):



A Equação (4) representa a combustão estequiométrica do Ar com Metano (CH_4).



Para misturas não estequiométricas com excesso de Ar ($\Phi < 1$ e $\lambda > 1$), o oxidante aparece no produto de combustão na forma inalterada. Para misturas com excesso de combustível ($\Phi > 1$ e $\lambda < 1$), os produtos são uma mistura de Dióxido de Carbono, Água, Monóxido de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio. A razão de equivalência combustível-Ar (Φ) é o inverso da razão de equivalência Ar-combustível (λ), definida na Equação (5):

$$\phi = \lambda^{-1} = \frac{(\text{combustível/Ar})_{\text{real}}}{(\text{combustível/Ar})_{\text{estequiométrica}}} \quad (5)$$

5.4.1 Eficiência termodinâmica de mistura com Gás Natural *versus* Gasolina e Álcool

Através dos resultados de ensaios reais em dinamômetro informados pela montadora, é possível comparar a eficiência térmica nos veículos Volkswagen Santana 1.8 utilizando Gás Natural, Gasolina ou Álcool. O veículo dispõe de duas versões de motor - Gasolina e Álcool, que variam em função da taxa de compressão. Ambas versões são oferecidas com opção de Sistema de Conversão, totalizando quatro combinações possíveis.

A Tabela 5.4.1.1 demonstra os dados de configuração do veículo, conforme informado pela Volkswagen do Brasil Ltda (2006).

VW Santana 1.8 Configuração do veículo	Álcool-Álcool (sem Sistema de Conversão)	Álcool-GNV (com Sistema de Conversão)	Gasolina-Gasolina (sem Sistema de Conversão)	Gasolina-GNV (com Sistema de Conversão)
Configuração do motor	4 cilindros em linha e 2 válvulas por cilindro - ciclo Otto			
Capacidade volumétrica	1.781 cm ³ , cilindro com diâmetro = 81,0 mm e curso = 86,4 mm			
Taxa de compressão	13,1:1		9,9:1	
Formato do pistão	Cabeça plana			
Folga cabeçote-pistão - PMS	9,7 mm		7,1 mm	
Folga cabeçote-pistão - PMI	96,1 mm		93,5 mm	
Volume no cilindro - PMS	50,0 cm ³		36,6 cm ³	
Volume no cilindro - PMI	495,2 cm ³		481,8 cm ³	
Potência (máxima)	103,0 cv (76,0 kW)	84,0 cv (62,0 kW)	99,0 cv (73,0 kW)	76,0 cv (56,0 kW)
Rotação (potência máxima)	5.500 rpm	5.500 rpm	5.250 rpm	5.250 rpm

Tabela 5.4.1.1 - Dados de configuração do Volkswagen Santana 1.8 (Fonte: Volkswagen do Brasil Ltda., 2006).

Como resultados de ensaios reais em dinamômetro, o motor a Álcool gera 84,0 cv de potência máxima utilizando Gás Natural, *versus* 76,0 cv do motor a Gasolina utilizando Gás Natural. A diferença de 8,0 cv é maior do que quando os motores utilizam os combustíveis originais: o motor a Álcool gera 103,0 cv, enquanto o motor a Gasolina gera 99,0 cv, diferença de apenas 4,0 cv. No que tange à eficiência termodinâmica, a conversão para uso de Gás Natural é mais viável na versão movida a Álcool do que na versão movida a Gasolina.

Pelo fato da taxa de compressão do motor movido a Álcool ser superior à do motor movido a Gasolina, um novo tipo de combustível que resista às taxas de ambos os

motores, sem ocorrer auto-ignição, irá gerar melhor rendimento no motor com maior taxa de compressão.

A prática mostra que o atual monitoramento eletrônico dos motores veiculares permite a utilização de Gás Natural até taxas de compressão entre 15:1 e 16:1, sem ocorrência de auto-ignição. Porém, o uso de taxas de compressão tão elevadas inviabiliza o uso de Álcool ou Gasolina como combustível veicular, que poderia utilizar apenas Gás Natural como combustível.

5.5 Poluição gerada por veículos leves de combustão interna e Ciclo Otto

Segundo De Nevers (2000), os principais poluentes emitidos por motores de combustão interna movidos à Gasolina são Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio. Nesse tipo de combustão, a produção de poluentes por unidade de combustível consumido é maior que nos processos de combustão em regime permanente, devido aos fatores:

- Pré-aquecimento da mistura Ar-combustível inexistente em outros sistemas de combustão, e operação mais deficiente em Oxigênio que outros sistemas de combustão;
- Combustão em regime turbulento e com chama durante tempo aproximado de 0,0025 s, enquanto outros sistemas de combustão operam em regime permanente;
- Contato direto da chama com superfícies refrigeradas - paredes do cilindro, o que não ocorre em outros sistemas de combustão.

Segundo Heywood (1988), outras fontes de emissões em veículos leves são os Hidrocarbonetos provenientes do cárter e da evaporação e dispersão de vapor de combustível à atmosfera através do respiro do tanque de combustível. Em veículos sem sistema de injeção eletrônica, os carburadores também são fontes de emissões de Hidrocarbonetos após o motor ser desligado. Atualmente, os veículos possuem sistemas para controlar as emissões não provenientes do sistema de escape,

retornando para o coletor de admissão: gases do cárter e gases do tanque de combustível e carburador via cânister - sistema de absorção por Carbono.

A Figura 5.5.1 demonstra as emissões dos três principais poluentes - Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio - em função da razão de equivalência Ar-combustível normalizada (λ) em motor convencional de combustão interna.

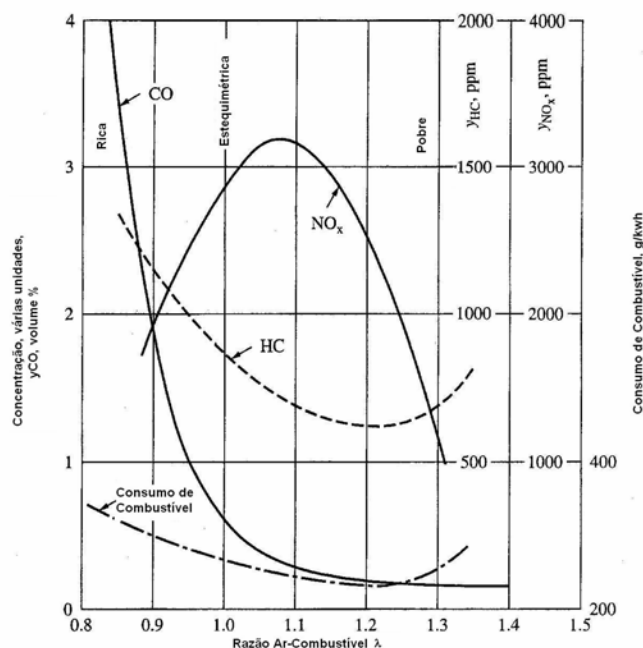


Fig. 5.5.1 - Emissões e consumo de combustível de motor convencional de combustão interna (Fonte: De Nevers, 2000).

Através do gráfico, é possível constatar que emissões e eficiência têm forte dependência na razão de equivalência Ar-combustível. Ao contrário de motores estacionários operando em regime permanente, motores veiculares geralmente operam com rápidas e constantes mudanças na razão de equivalência Ar-combustível, desejavelmente abaixo da razão estequiométrica de valor 1,0, mas permanecendo com médias entre 0,8 a 1,2.

Para valores de razão (λ) superiores a 1,0, não existe combustível suficiente para ser consumido por todo o ar: popularmente, denomina-se mistura pobre em combustível. A referida razão de mistura compreende o lado direito do gráfico.

Para valores de razão (λ) inferiores a 1,0, não existe ar suficiente para consumir todo o combustível: popularmente, denomina-se mistura rica em combustível. A referida razão de mistura compreende o lado esquerdo do gráfico.

Também é possível constatar que se a razão de equivalência Ar-combustível supera 1,0, o consumo de combustível é menor, além de emissões de Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos. Sempre que possível, ou seja, aquecidos, à rotação constante e em terrenos planos, motores de combustão interna operam de tal modo. Porém, os motores são freqüentemente utilizados sob outras situações - abaixo ou acima da temperatura ideal de trabalho, baixas rotações e sem carga, maiores cargas em aclives, entre outros. Nestas situações, é impossível manter a razão de equivalência constante.

Quanto às emissões de poluentes, genericamente ocorrem as seguintes variações:

- Monóxido de Carbono: a Figura 5.5.1 mostra que a quantidade de Monóxido de Carbono tem grande dependência na razão de equivalência Ar-combustível, sendo que a emissão do poluente é maior para menores valores da razão, e menor para maiores valores da razão. Na situação em que a mistura se torna “rica”, não existe Oxigênio suficiente para transformar todo o Carbono (C) do combustível em Dióxido de Carbono (CO₂).

Em altas temperaturas, ainda que com mistura “pobre”, ocorrem níveis significativos de formação de Monóxido de Carbono pelo fenômeno de dissociação. Durante a expansão do cilindro, o processo de oxidação do Monóxido de Carbono diminui com a queda da temperatura dos gases de combustão.

- Óxido de Nitrogênio: a formação ocorre devido a reações químicas que não atingem equilíbrio entre Oxigênio e Nitrogênio (N₂) na câmara de combustão e sob altas temperaturas da mistura Ar-combustível, em especial acima de 2.400 K.

A Figura 5.5.1 mostra que a emissão de Óxido de Nitrogênio aumenta à medida que razão de equivalência Ar-combustível aumenta até o valor de 1,1, situação tanto de

altas temperaturas quanto de Oxigênio em excesso. Quando a razão ultrapassa o valor de 1,1, a emissão de Óxido de Nitrogênio começa a diminuir, juntamente com a temperatura da câmara de combustão.

- Hidrocarbonetos: a Figura 5.5.1 mostra que para todos os valores de razão de massa molecular, a emissão de Hidrocarbonetos é sempre significativa e possui diferentes fontes:

1 - Durante a compressão e a combustão, a crescente pressão do cilindro injeta parte da mistura Ar-combustível em frestas abertas da câmara, em especial entre os pistões e anéis e as camisas do cilindro.

A maior parte dessa mistura não participa do processo de combustão, pelo fato das frestas serem muito estreitas para a entrada da chama. Os Hidrocarbonetos não processados são então expelidos durante o processo de expansão e escape, devido à diminuição da pressão do cilindro;

2 - A camada de mistura não processada ou parcialmente processada permanece próxima às paredes do cilindro, devido à extinção da chama quando se aproxima dessas superfícies. O efeito é amplificado quando as partes internas do cilindro contêm depósitos de carbonização;

3 - O filme de óleo presente nas paredes do cilindro e pistões tem capacidade de absorver antes e desorver depois da combustão os Hidrocarbonetos do combustível, permitindo a uma fração da mistura não seja processada pela combustão;

4 - Combustão incompleta da mistura devido à extinção da magnitude da chama, em ciclos motores onde a combustão é especialmente lenta.

A Figura 5.5.2 mostra o mecanismo de formação dos gases poluentes Óxido de Nitrogênio, Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos em um motor Ciclo Otto a quatro tempos.

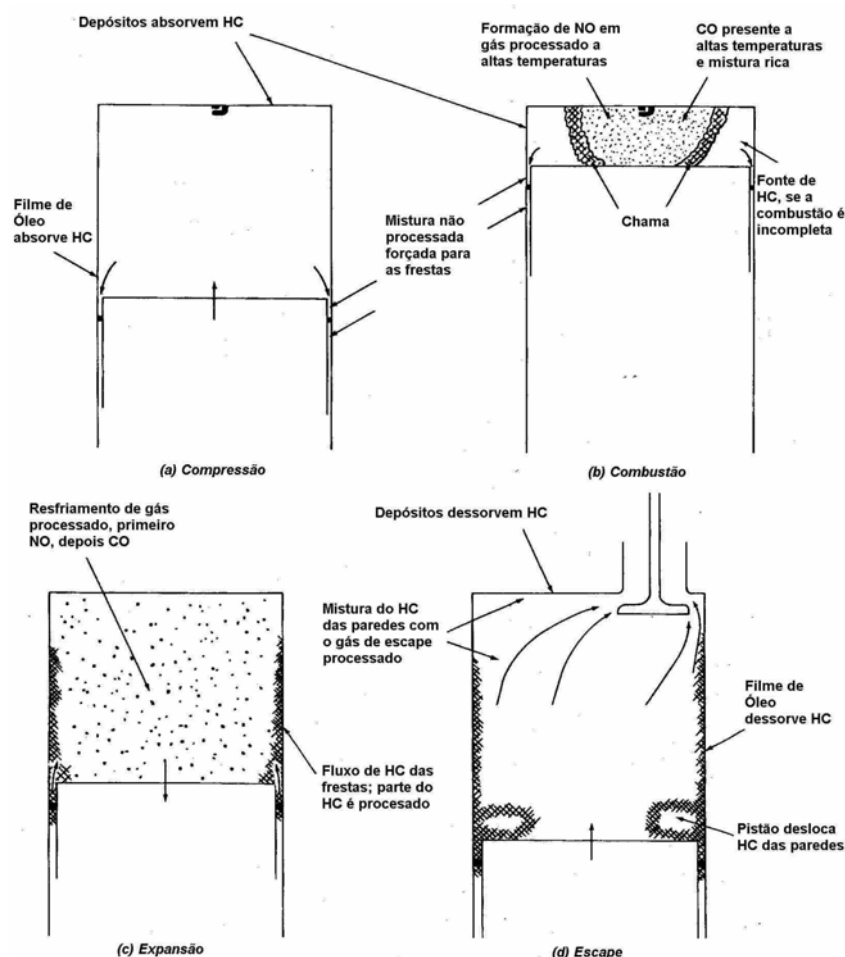


Fig. 5.5.2 - Mecanismo de formação dos poluentes NO_x , CO e HC em um motor Ciclo Otto a quatro tempos (Fonte: Heywood, 1988).

As quatro situações acima descritas ocorrem com maior intensidade durante a operação do motor em regime transitório, momento em que a razão de massa molecular, o tempo de centelhamento das velas e a fração dos gases de escape reciclados para controle de emissões não estão propriamente equilibrados. Os Hidrocarbonetos não processados durante a fase primária da combustão são eliminados junto com os gases de escape provenientes da combustão, podendo ainda ser oxidados durante a expansão e o escape no cilindro. A quantidade de Hidrocarbonetos que será oxidada durante esses dois processos dependerá de fatores como a temperatura e a quantidade de Oxigênio dos gases de escape.

5.6 Sistemas para redução de emissões de gases de escape

Apesar da notória evolução da eficiência dos motores de ignição por centelha, o processamento - também denominado queima - da mistura Ar-combustível ainda ocorre da maneira incompleta, gerando produtos indesejáveis nos gases de escape. Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio, Óxidos de Enxofre (SO_x), Hidrocarbonetos, Aldeídos Totais (R-CHO) e Álcoois (R-OH) são considerados os gases mais nocivos dessa combustão incompleta, ao contrário dos demais produtos - Gás Carbônico, Água (H_2O), Nitrogênio e Oxigênio. A utilização de sistemas auxiliares promove redução e controle de emissões de gases de escape, até os níveis compatíveis com a legislação vigente.

5.6.1 Conversores catalíticos

Segundo Heywood (1988), os conversores catalíticos utilizados em motores de ignição por centelha são constituídos de uma carcaça de metal, que direciona o fluxo de gases de escape para uma matriz (substrato) de cerâmica ou metal, em forma de colméia e impregnada de material catalisador ativo.

Para o processo de oxidação de Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos, normalmente são utilizados metais nobres como Platina (Pt) e Paládio (Pd). Para o processo de redução de Óxido de Nitrogênio, normalmente utiliza-se o metal nobre Ródio (Rh).

Para que ocorra a oxidação dos gases de escape do veículo, é necessário que o motor opere com excesso de Ar - mistura pobre, garantindo a conversão da mistura em Dióxido de Carbono e Água. O Óxido de Nitrogênio é removido por redução através do Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Hidrogênio dos gases de escape.

A eficiência de conversão catalítica (η_{catal}) é a diferença entre o fluxo de massa (\dot{m}) de determinado componente na entrada e na saída do catalisador, dividida

pelo fluxo de massa do mesmo componente na entrada do catalisador, e pode ser expressa na forma da Equação (6):

$$\eta_{\text{catal}} = \frac{\dot{m}_{\text{entrada}} - \dot{m}_{\text{saída}}}{\dot{m}_{\text{entrada}}} = 1 - \frac{\dot{m}_{\text{saída}}}{\dot{m}_{\text{entrada}}} \quad (6)$$

A eficiência também está relacionada com a temperatura de trabalho do conversor catalítico, sendo de 98% a 99% para Monóxido de Carbono e acima de 95% para Hidrocarbonetos os valores típicos na temperatura ideal de trabalho. Entretanto, um conversor catalítico típico é praticamente ineficiente até que atinja faixas de temperatura entre $T=520 \text{ K}$ e $T=570 \text{ K}$.

A redução da eficiência tem relação com a vida útil do conversor catalítico. A catálise decorre da adsorção de reagentes nas superfícies com material ativo, ocorrendo reações químicas em velocidades altas e liberação de produtos. A degradação do catalisador ocorre com a desativação dessas superfícies e redução da área efetiva por deposição de contaminantes.

O advento dos motores com sistema de injeção eletrônica de combustível e sensor de Oxigênio garante maior aproximação da estequiometria da mistura, permitindo a utilização de um único conversor catalítico denominado três vias. A denominação provém da capacidade do conversor processar simultaneamente três diferentes gases de escape - oxidação de Monóxido de Carbono, oxidação de Hidrocarbonetos e redução de Óxido de Nitrogênio.

A Figura 5.6.1.1 representa de maneira esquemática um conversor catalítico de três vias e os principais componentes.

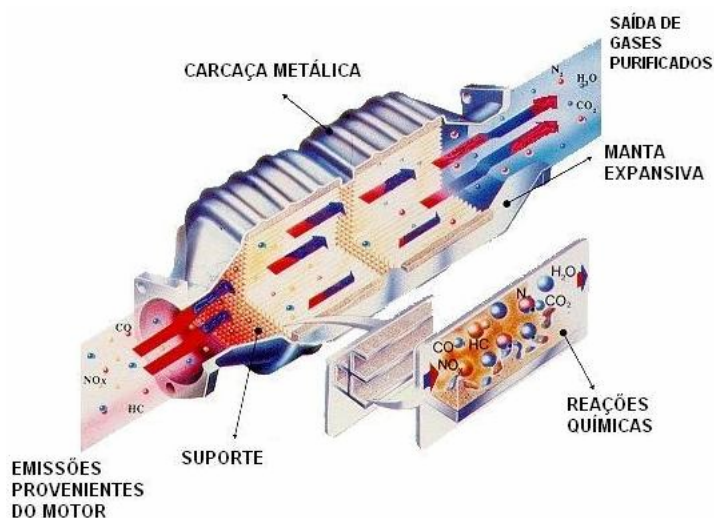


Fig. 5.6.1.1 - Representação esquemática de conversor catalítico de três vias (Fonte: PROCONVE, 2005).

A Figura 5.6.1.2 apresenta uma curva típica de eficiência de um conversor catalítico de três vias *versus* razão Ar-combustível. Vale ressaltar que níveis de eficiência iguais ou maiores que 80% são obtidos apenas em uma estreita faixa de razão Ar-combustível, o que não ocorre durante todo tempo de funcionamento do motor.

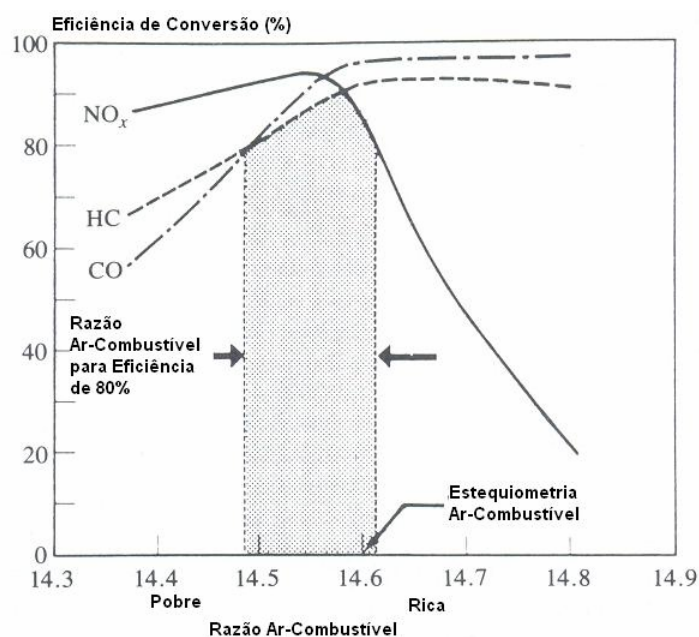
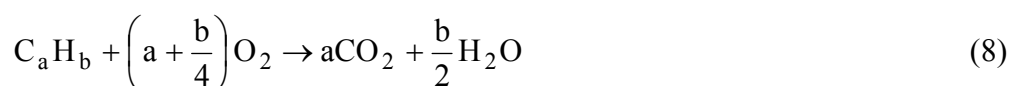


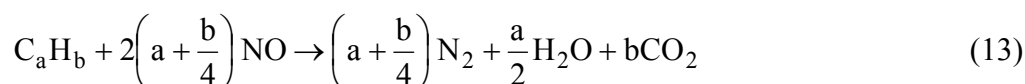
Fig. 5.6.1.2 Curva típica de eficiência de um conversor catalítico de três vias versus razão Ar-combustível (Fonte: Heywood, 1988).

As principais reações de oxidação de Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos e de redução de Óxido de Nitrogênio em um conversor catalítico de três vias são expressas na Equação (7) a Equação (14):

Oxidação de Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos:



Redução de Óxido de Nitrogênio:



O Conselho Nacional do Meio Ambiente não obriga a utilização de conversores catalíticos em veículos leves, estabelecendo apenas limites de emissão de poluentes. Porém, a Resolução nº 282 de 12 de Julho de 2001 do Conselho estabelece os requisitos para conversores catalíticos destinados à reposição por desgaste ou dano, além de responsabilidade do fabricante ou importador pelo recolhimento e descarte adequado após o uso.

O conversor catalítico de reposição deve apresentar características gerais similares ao do conversor original do veículo, comprovar eficiências de conversão iguais ou superiores a 70% para Monóxido de Carbono, 70% para Hidrocarbonetos e 60% para Óxidos de Nitrogênio, além de durabilidade operacional mínima de 40.000 km.

Também deve ser garantido o isolamento térmico equivalente ao oferecido pelo conversor catalítico original, e a não interferência nas condições de segurança, dirigibilidade, desempenho, funcionamento geral, conforto térmico, consumo de combustível e emissão de ruído do veículo.

5.6.2 Implantação de Sistema OBD - “On Board Diagnosis”

De maneira a preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissões de poluentes atmosféricos de veículos leves nacionais e importados, o Conselho Nacional do Meio Ambiente regulamenta os requisitos para adoção de Sistemas OBD - “On Board Diagnosis” ou Sistemas de Diagnose a Bordo, através da Resolução nº 354 de 13 de Dezembro de 2004.

O Sistema tem a função de identificar condições inadequadas de funcionamento - níveis de emissões superiores os estabelecidos pela legislação - dos sistemas de controle de emissões de poluentes, resultantes de alterações das condições originais do veículo. Dessa forma, o sistema possibilita a antecipação de medidas corretivas e consequente prevenção no aumento dos níveis de emissões.

A utilização do Sistema será introduzida no Brasil em duas etapas consecutivas e complementares, denominadas OBDBr-1 e OBDBr-2. Na primeira etapa, o Sistema deve possuir as características mínimas para detecção de falhas nos seguintes componentes:

Sensor de pressão absoluta ou fluxo de Ar

Sensor de posição da borboleta

Sensor de temperatura de arrefecimento

Sensor de temperatura de Ar

Sensor de Oxigênio - somente sensor pré-catalisador

Sensor de velocidade do veículo

Sensor de posição do eixo comando de válvulas

Sensor de posição do virabrequim

Sistemas de Recirculação dos Gases de Escape, ou EGR - Exhaust Gas Recirculation
Sensor para detecção de detonação (auto-ignição)

Válvulas injetoras

Sistema de ignição

Módulo de controle eletrônico do motor

Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento - LIM

A segunda etapa tem caráter complementar, e deve detectar e registrar a existência de falhas de combustão, deterioração do sensor de Oxigênio primário e eficiência do conversor catalítico, além de apresentar características mínimas para a detecção de falhas nos seguintes componentes:

Sensores de Oxigênio - pré e pós-catalisador

Válvula de controle da purga do cânister

A implantação do sistema OBDBr-1 deverá ser realizada somente em veículos leves de passageiros, na proporção anual por montadora nacional ou importadora:

Em 2007, no mínimo para 40% do total de veículos;

Em 2008, no mínimo para 70% do total de veículos;

A partir de 2009, para 100% dos veículos.

A implantação do sistema OBDBr-2 deverá ser realizada em veículos leves de passageiros e comerciais, na proporção anual por montadora nacional ou importadora:

Em 2010, no mínimo para 60% do total de veículos;

A partir de 2011, para 100% dos veículos.

No caso de projetos específicos, como os veículos movidos a Gás Natural Veicular ou Gasolina e / ou Álcool, em que o fabricante demonstre a inviabilidade de atendimento de alguns requisitos do sistema, a Resolução poderá dispensar esse atendimento, até que novas regras sejam fixadas para os casos.

Todo Sistema “On Board Diagnosis” deve ainda ser padronizado com normas internacionais e do Conselho Nacional do Meio Ambiente, e compatível para comunicação com equipamentos de aquisição de dados, inspeção e diagnóstico do veículo do programa de inspeção e manutenção de veículos em uso.

O alerta de necessidade de manutenção do veículo é feito através da LIM - Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento, localizada no painel de instrumentos e conectada ao módulo de controle dos sistemas de injeção e ignição, que monitora a integridade do sinal dos componentes do sistema. Quando ocorre detecção de falha em algum componente do sistema e que altera o nível de emissão de poluentes, o módulo de controle envia um sinal à Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento, e um respectivo código de falha é armazenado na memória do módulo de comando. A lâmpada é desativada pelo módulo se a falha não for novamente detectada em pelo menos três ciclos consecutivos de ignição, e desde que outra falha não ocorra no mesmo período. Um código de falha permanece armazenado na memória do módulo de controle, durante quarenta ciclos de ignição ou até ser apagado pela ferramenta de diagnóstico.

Através de uma porta de comunicação serial do módulo de controle, a ferramenta de diagnóstico faz a leitura dos códigos de falha armazenados e os dados do momento de ocorrência da falha, denominado QIP - Quadro Instantâneo de Parâmetros. A porta de comunicação serial também permite a leitura de vários parâmetros do motor, comando de atuadores para auxiliar o processo de diagnóstico e apagamento dos códigos armazenados na memória de falha.

Localizada no painel do veículo, a Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento possui cor âmbar e um símbolo específico, e deve ser de fácil visualização em qualquer condição de iluminação ambiente. De maneira a verificar a integridade do funcionamento do Sistema, a lâmpada deve permanecer acesa no momento em que a chave de ignição do veículo assumir posição de ligado, e apagar após o início do funcionamento do motor sob condições normais de emissões.

A Figura 5.6.2.1 mostra o Símbolo da Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento.

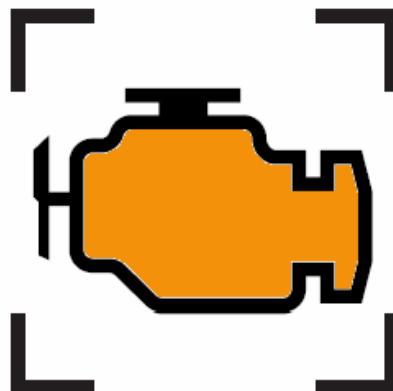


Fig. 5.6.2.1 - Símbolo da Lâmpada Indicadora de Mau Funcionamento (Fonte: CONAMA, 2004).

5.7 Controle dos gases de escape em veículos leves (NBR 6601)

A norma NBR 6601 - Veículos rodoviários automotores leves - Determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono no gás de escapamento - é responsável pelo método de determinação de emissões de gases de escape de veículos leves. A norma simula condições de uso normal médio de veículos leves em trânsito urbano.

5.7.1 Descrição geral do ensaio em dinamômetro de chassi

Os procedimentos do ensaio abaixo descrito foram acompanhados pelo autor do presente trabalho em um laboratório de emissões de montadora nacional de veículos. Por motivo de sigilo de informações, tanto o nome da montadora quanto do veículo ensaiado foram omitidos. Todos procedimentos são padronizados e detalhadamente descritos pela norma NBR 6601 e NBR 7024.

A Figura 5.7.1.1 mostra o esquema de funcionamento de um laboratório de emissões veiculares e a disposição dos principais equipamentos.

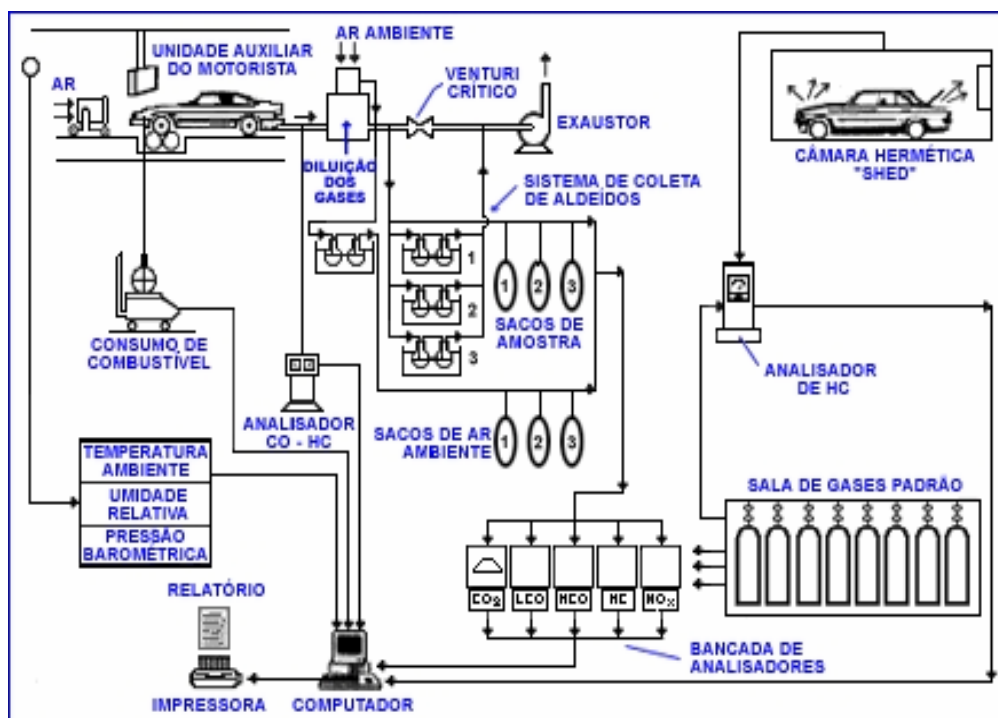


Fig. 5.7.1.1 - Esquema de funcionamento de um laboratório de emissões veiculares (Fonte: CETESB, 2004).

Para a realização da simulação em veículos leves, são necessários os seguintes equipamentos:

Dinamômetro de chassi ou de rolo: simula as condições de carga em pista e a inércia equivalente do veículo;

Sistema de amostragem AVC - Amostrador de Volume Constante: mede massas reais dos gases de escape misturadas com Ar de diluição, através de balões ou sacos de coleta de amostras;

Equipamento para análise do gás e filtro para Material Particulado: determina os gases de escape e o peso líquido do Material Particulado;

Aquecedor e registrador de temperatura do combustível: fornece calor e controla a temperatura no tanque de combustível, para medição das emissões evaporativas e de saturação do cânister.

Ventilador para resfriamento do motor: fornece Ar ambiente em vazão máxima de $2,50 \text{ m}^3/\text{s}$ durante a simulação no dinamômetro de chassi.

O ensaio consiste de dois ciclos denominados partida a frio e partida a quente, sendo cada um dividido em duas fases e executados com um intervalo de 10 ± 1 minuto. O ciclo de partida a frio consiste das fases transitória - que termina após 505 segundos com a desaceleração do veículo, e estabilizada - conclusão do ciclo de ensaio e desligamento do motor. O ciclo de partida a quente consiste das mesmas fases do ciclo de partida a frio, sendo apenas a fase transitória executada. A fase estabilizada é ponderada nos cálculos, por ser considerada idêntica a fase estabilizada do ciclo de partida a frio.

Para a obtenção de vazão total de forma constante, os gases de escape coletados são diluídos em Ar, sendo parte dessa vazão armazenada para análise. As massas das emissões são calculadas pelas concentrações das amostras e do volume total da mistura coletado em cada fase do ensaio.

A inércia equivalente é regulada no dinamômetro e conforme a massa do veículo, disponível em tabela da norma NBR 6601. A potência resistiva no dinamômetro é determinada com o veículo à velocidade de 80,5 km/h e a partir dos fatores inércia equivalente das áreas frontais, conformação e protuberância da carroceria e do tipo de pneu do veículo.

O ensaio é realizado com o tubo de captação conectado ao escapamento do veículo, que permanece com a tampa do compartimento do motor aberta. Três balões de coleta de amostra de ar de diluição e três de gases de escape são conectados ao sistema de captação de amostras. São acionados o Amostrador de Volume Constante, as bombas de amostragem, os registradores de temperatura e o ventilador de

resfriamento. A vazão da amostra dos gases de escape é regulada para o valor mínimo de 0,28 m³/h e as válvulas seletoras são posicionadas para dirigir o fluxo de amostras para o balão de gás de escape diluído transitório e para o balão de ar de diluição transitório. São acionados o medidor de volume número 1 do amostrador de volume constante, o contador de tempo e o indicador do gráfico de ciclo de condução. O gráfico é contínuo e de velocidade em função do tempo, consistindo de seqüências não repetidas de regimes de marcha lenta, acelerações, velocidades de cruzeiro e desacelerações em magnitudes e combinações variadas, também especificadas na norma.

Após 15 segundos da partida do motor, a primeira marcha é engatada e o veículo é operado de acordo com ciclo de condução descrito. Após 505 segundos, o veículo é desacelerado. O fluxo de amostras é transferido dos balões de fase transitória para os balões de fase estabilizada, e o medidor de volume número 2 é acionado. A aceleração é iniciada aos 510 segundos, e os mesmos procedimentos da fase transitória são executados até o desligamento do motor aos 1.369 segundos - exatamente 2 segundos após o final da última desaceleração. O ventilador para resfriamento do motor deve ser desligado e a tampa do compartimento do motor fechada.

Durante o intervalo entre os ciclos de partida a frio e quente, e ao final do ensaio, a câmara selada SHED - "Sealed Housing for Evaporative Determination" é utilizada para quantificação e análise de emissões evaporativas, decorrentes de problemas no sistema de alimentação, reservatório de combustível ou cânister. Vide Norma NBR 11481 - Veículos rodoviários leves - Medição de emissão evaporativa.

Após o intervalo de 10±1 minuto, tem início o ciclo de partida a quente na fase transitória, seguindo os mesmos procedimentos do ciclo de partida a frio na fase transitória até a desaceleração após 505 segundos do início do ciclo.

A análise das amostras é feita com a medição das concentrações de Hidrocarbonetos Totais (HC) e não Metano (NMHC) via detector por ionização de chama, Monóxido e Dióxido de Carbono via analisador por absorção de raios infra-vermelhos não

dispersivos, e Óxidos de Nitrogênio via analisador por luminescência química contidas nos três balões de gases de escape e nos três balões de Ar de diluição.

As emissões de Aldeídos Totais, Acetaldeído e Formaldeído devem ser medidas conforme norma NBR 12026 - Veículos rodoviários automotores leves - Determinação da emissão de aldeídos e cetonas contidas no gás de escapamento, por cromatografia líquida - método DNPH (Dinitrofenilhidrazina). Quatro pares de balões de ensaio com solução de Acetonitrila (CH_3CN) - sendo um par para a fase transitória fria, um para a fase estabilizada, um para a fase transitória quente e um para o Ar ambiente - são ensaiados na mesma seqüência dos balões de coleta de amostra de Ar de diluição e de gases de escape, conforme Figura 5.7.1.1.

Os resultados apresentados em relatório final são somas ponderadas das emissões de cada um dos componentes dos gases de escape, expressos em massa por distância percorrida pelo veículo (g/km). Os cálculos são efetuados através da Equação (15):

$$Y_{MP} = 0,43 \cdot \left(\frac{Y_{TF} + Y_E}{D_{TF} + D_E} \right) + 0,57 \cdot \left(\frac{Y_{TQ} + Y_E}{D_{TQ} + D_E} \right) \quad (15)$$

Y_{MP} = Emissão ponderada de cada componente do gás (g/km);

Y_{TF} = Emissão ponderada de cada componente do gás na fase transitória com partida a frio (g);

Y_E = Emissão ponderada de cada componente do gás na fase estabilizada (g);

Y_{TQ} = Emissão ponderada de cada componente do gás na fase transitória com partida a quente (g);

D_{TF} = Distância percorrida durante a fase transitória com partida a frio (km);

D_E = Distância percorrida durante a fase estabilizada (km);

D_{TQ} = Distância percorrida durante a fase transitória com partida a quente (km).

5.7.2 Ensaio em veículo leve com Sistema de Conversão original de fábrica

Os ensaios descritos a seguir foram realizados em veículo leve nacional com Sistema de Conversão original de fábrica. Por motivo de sigilo de informações, os nomes do fabricante e do modelo foram omitidos. O veículo é oferecido em duas configurações - movido a Gasolina ou Álcool, ambos com a opção de instalação de Sistema de Conversão, totalizando quatro combinações possíveis.

A Tabela 5.7.2.1 apresenta as principais características do ensaio e do veículo com Sistema de Conversão instalado, de acordo com norma NBR 6601.

Configuração do Veículo	Gasolina	Gasolina	Álcool	Álcool
	Gasolina	Gás Natural Veicular	Álcool	Gás Natural Veicular
Inércia no Dinamômetro	1.361 kg			
PRR - Potência Resistiva no Dinamômetro	8,0 cv (a 80,5 km/h)			
Troca de marcha	25 / 40 / 65 / 72 km/h			
Configuração do motor	Longitudinal com 4 cilindros em linha e 2 válvulas por cilindro			
Capacidade volumétrica	1.781 cm ³ (cilindro com diâmetro = 81,0 mm e curso = 86,4 mm)			
Taxa de compressão	9,9:1		13,1:1	
Injeção de combustível	Multiponto seqüencial			
Injeção de Gás Natural	Módulo de controle, dois atuadores, aspirado com misturador (Geração 3)			
Seleção do combustível	Manual com chave comutadora no painel			
Massa em ordem de marcha	1.161 kg (sem cilindro) / 1.251 kg (com 1 cilindro de 15,0 m ³)			
Potência máxima	90,0 cv	76,0 cv	96,0 cv	84,0 cv
Rotação de potência máxima	5.250 rpm	5.250 rpm	5.000 rpm	5.500 rpm
Torque máximo	14,9 kgf x m	12,1 kgf x m	15,9 kgf x m	13,6 kgf x m
Rotação de torque máximo	2.750 rpm	3.000 rpm	3.000 rpm	2.500 rpm
Velocidade máxima	171,0 km/h	165,0 km/h	178,0 km/h	171,0 km/h
Aceleração (0 a 100 km/h)	12,8 s	15,4 s	11,5 s	13,4 s

Tabela 5.7.2.1 - Principais características do ensaio e do veículo, de acordo com norma NBR 6601.

Os Itens 5.7.2.1 a 5.7.2.4 apresentam os resultados dos ensaios realizados no laboratório de emissões da própria montadora, em conformidade com as normas NBR 6601 e NBR 7024. Os resultados obtidos são comparados com os limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves relativos a Fase IV

PROCONVE: em 2005 para 40% dos veículos, em 2006 para 70% dos veículos e a partir de 2007 para 100% dos veículos comercializados.

5.7.2.1 Veículo originalmente movido a Gasolina operando com Gasolina

Foram realizados quatro diferentes ensaios para a versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gasolina. A Tabela 5.7.2.1.1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios, desvio, média e comparação com os limites máximos de emissão de poluentes relativos a Fase IV PROCONVE.

Motor Original a Gasolina Operando com Gasolina	Aldeídos			NBR 6601 e NBR 7024 - Ciclo Urbano										
	Componente Unidade	HCHO (g/km)	CH ₃ CHO (g/km)	Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NMHC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	Consumo		Marcha Lenta	
											(km/l)	(g/km)	CO (%)	rpm
Ensaio 1	0,0012	0,0034	0,0046	0,08	0,01	0,07	0,65	0,07	201,0	10,80	69,4	0,00	920	
Ensaio 2	0,0012	0,0037	0,0049	0,09	0,01	0,08	0,66	0,10	198,0	10,90	68,8	0,00	920	
Ensaio 3	0,0014	0,0025	0,0039	0,12	0,02	0,10	1,29	0,08	207,1	10,38	72,3	0,00	920	
Ensaio 4	0,0020	0,0026	0,0046	0,12	0,02	0,10	1,08	0,09	209,0	10,30	72,8	0,00	920	
Desvio	0,0004	0,0006	0,0004	0,02	0,00	0,02	0,32	0,01	5,1	0,30	2,0	0,00	0	
Média	0,0015	0,0031	0,0045	0,10	0,01	0,09	0,92	0,08	203,8	10,60	70,8	0,00	920	
Limite Fase IV PROCONVE	0,03					0,16	2,00	0,25				0,50		
Média / Limite PROCONVE	15,0%					54,7%	46,0%	33,9%				0,0%		

Tabela 5.7.2.1.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gasolina.

5.7.2.2 Veículo originalmente movido a Gasolina operando com Gás Natural

Foram realizados quatro diferentes ensaios para a versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gás Natural. A Tabela 5.7.2.2.1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios, desvio, média e comparação com os limites máximos de emissão de poluentes relativos a Fase IV PROCONVE.

Motor Original a Gasolina Operando com GNV	Aldeídos			NBR 6601 e NBR 7024 - Ciclo Urbano										
	Componente Unidade	HCHO (g/km)	CH ₃ CHO (g/km)	Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NMHC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	Consumo		Marcha Lenta	
											(km/m ³)	(g/km)	CO (%)	rpm
Ensaio 5	0,0007	0,0030	0,0037	0,17	0,08	0,09	0,54	0,29	161,0	14,60	48,7	0,00	920	
Ensaio 6	0,0009	0,0032	0,0041	0,17	0,08	0,09	0,70	0,15	163,0	14,40	49,4	0,00	920	
Ensaio 7	0,0020	0,0026	0,0046	0,24	0,12	0,12	0,68	0,27	172,3	13,57	52,4	0,00	900	
Ensaio 8	0,0013	0,0027	0,0040	0,26	0,13	0,13	0,62	0,26	151,1	15,46	46,0	0,00	910	
Desvio	0,0006	0,0003	0,0004	0,05	0,02	0,02	0,07	0,06	8,7	0,78	2,6	0,00	10	
Média	0,0012	0,0029	0,0041	0,21	0,10	0,11	0,63	0,24	161,9	14,51	49,2	0,00	913	
Limite Fase IV PROCONVE	0,03			0,30		0,16	2,00					0,50		
Média / Limite PROCONVE	13,7%			69,8%		67,7%	31,7%					0,0%		

Tabela 5.7.2.2.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Gasolina e operando com Gás Natural.

5.7.2.3 Veículo originalmente movido a Álcool operando com Álcool

Foram realizados dois diferentes ensaios para a versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Álcool. A Tabela 5.7.2.3.1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios, desvio, média e comparação com os limites máximos de emissão de poluentes relativos a Fase IV PROCONVE.

Motor Original a Álcool Operando com Álcool	Aldeídos			NBR 6601 e NBR 7024 - Ciclo Urbano										
	Componente Unidade	HCHO (g/km)	CH ₃ CHO (g/km)	Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NMHC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	Consumo		Marcha Lenta	
											(km/l)	(g/km)	CO (%)	rpm
Ensaio 9	0,0013	0,0107	0,0120	0,17	0,06	0,11	1,20	0,06	181,0	7,50	107,9	0,00	920	
Ensaio 10	0,0014	0,0120	0,0134	0,18	0,05	0,13	1,12	0,04	177,0	7,70	105,1	0,00	920	
Desvio	0,0001	0,0009	0,0010	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	2,8	0,14	2,0	0,00	0	
Média	0,0014	0,0114	0,0127	0,18	0,06	0,12	1,16	0,05	179,0	7,60	106,5	0,00	920	
Limite Fase IV PROCONVE			0,03			0,16	2,00	0,25					0,50	
Média / Limite PROCONVE			42,3%			75,0%	58,0%	20,0%					0,0%	

Tabela 5.7.2.3.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Álcool.

5.7.2.4 Veículo originalmente movido a Álcool operando com Gás Natural

Foram realizados três diferentes ensaios para a versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Gás Natural Veicular. A Tabela 5.7.2.4.1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios, desvio, média e comparação com os limites máximos de emissão de poluentes relativos a Fase IV PROCONVE.

Motor Original a Álcool Operando com GNV	Aldeídos			NBR 6601 e NBR 7024 - Ciclo Urbano										
	Componente Unidade	HCHO (g/km)	CH ₃ CHO (g/km)	Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NMHC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	Consumo		Marcha Lenta	
											(km/m ³)	(g/km)	CO (%)	rpm
Ensaio 11	0,0008	0,0107	0,0115	0,14	0,08	0,06	0,49	0,09	150,0	15,90	44,8	0,00	920	
Ensaio 12	0,0007	0,0064	0,0071	0,14	0,09	0,05	0,49	0,07	149,0	15,90	44,8	0,00	920	
Ensaio 13	0,0008	0,0096	0,0104	0,16	0,09	0,07	0,56	0,06	153,2	15,29	46,5	0,00	920	
Desvio	0,0001	0,0022	0,0023	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	2,2	0,35	1,0	0,00	0	
Média	0,0008	0,0089	0,0097	0,15	0,09	0,06	0,51	0,07	150,7	15,70	45,3	0,00	920	
Limite Fase IV PROCONVE			0,03	0,30		0,16	2,00						0,50	
Média / Limite PROCONVE			32,2%	48,9%		37,9%	25,6%						0,0%	

Tabela 5.7.2.4.1 - Resultados dos ensaios da versão do veículo originalmente movido a Álcool e operando com Gás Natural Veicular.

5.7.3 Análise e comparação dos resultados dos ensaios

A Tabela 5.7.3.1 apresenta o resultados médios obtidos nos quatro ensaios realizados, desvio, média e comparação com os limites máximos de emissão de poluentes para veículos leves de passageiros relativos a Fase IV PROCONVE. O maior e menor valores encontrados por componente - ou por menor consumo de combustível líquido ou gasoso - estão grifados respectivamente nas cores vermelho e verde, para maior facilidade de localização dos dados.

Comparação das Médias dos Ensaios	Aldeídos			NBR 6601 e NBR 7024 - Ciclo Urbano										
	Componente	HCHO	CH ₃ CHO	Total	HC	CH ₄	NMHC	CO	NOx	CO ₂	Consumo		Marcha Lenta	
Unidade	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/X)	(g/km)	CO (%)	rpm
Ensaio Gasolina - Gasolina	0,0015	0,0031	0,0045	0,10	0,01	0,09	0,92	0,08	203,8	10,60	70,8	0,00	920	
Ensaio Gasolina - GNV	0,0012	0,0029	0,0041	0,21	0,10	0,11	0,63	0,24	161,9	14,51	49,2	0,00	913	
Ensaio Álcool - Álcool	0,0014	0,0114	0,0127	0,18	0,06	0,12	1,16	0,05	179,0	7,60	106,5	0,00	920	
Ensaio Álcool - GNV	0,0008	0,0089	0,0097	0,15	0,09	0,06	0,51	0,07	150,7	15,70	45,3	0,00	920	
Desvio	0,0003	0,0043	0,0042	0,05	0,04	0,03	0,29	0,09	23,1	3,71	28,0	0,00	4	
Média	0,0012	0,0065	0,0077	0,16	0,06	0,09	0,81	0,11	173,8	12,10	67,9	0,00	918	
Limite Fase IV PROCONVE			0,03	0,30			0,16	2,00	0,25	X = (m3) se GNV e		0,50		
Média / Limite PROCONVE			25,8%	52,7%			58,8%	40,3%	44,9%	(l) se Gasolina ou Álcool		0,0%		

Tabela 5.7.3.1 - Resultados médios obtidos nos ensaios realizados.

Apesar de considerável variação entre os resultados médios alcançados, é importante ressaltar que todos os ensaios realizados apresentaram resultados inferiores aos limites máximos de emissão de poluentes impostos para veículos leves de passageiros.

A partir dos valores apresentados na Tabela 5.7.3.1, é possível analisar os resultados médios alcançados por componente dos gases de escape nas quatro combinações possíveis - veículos movidos a Gasolina ou a Álcool, ambos com a opção de instalação do Sistema de Conversão. Para facilidade da análise dos gráficos, as quatro combinações são respectivamente nomeadas com o combustível original e o combustível utilizado em cada um os ensaios: Gasolina - Gasolina; Gasolina - GNV; Álcool - Álcool; Álcool - GNV.

Aldeídos Totais: as emissões veiculares de Aldeídos Totais são resultado da soma das emissões de Formaldeído e Acetaldeído. Convém destacar que a Fase IV PROCONVE estabelece limites máximos de emissão apenas para os Aldeídos Totais, independente da proporção entre Formaldeído e Acetaldeído da composição.

Através do gráfico da Figura 5.7.3.1, é possível observar que as emissões de Formaldeído e Acetaldeído dos ensaios apresentaram resultados muito inferiores aos limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE para veículos leves de passageiros nas quatro combinações possíveis. Também vale ressaltar que os ensaios realizados com Gás Natural Veicular - ou seja, adaptados com Sistema de Conversão - apresentaram resultados de emissões de Formaldeído e Acetaldeído inferiores aos respectivos ensaios com os combustíveis originais - Gasolina e Álcool.

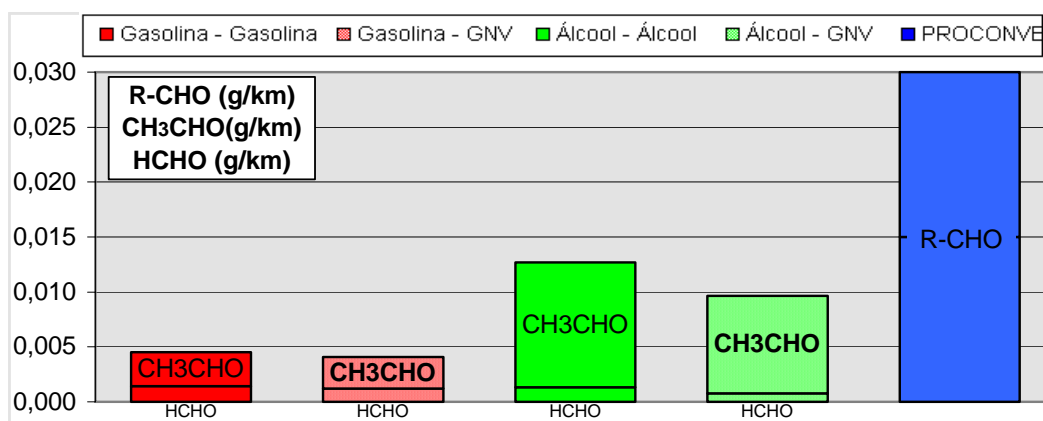


Fig. 5.7.3.1 - Emissões de Aldeídos Totais (Formaldeído e Acetaldeído) *versus* limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE.

Nos parágrafos a seguir, será feita a comparação dos resultados obtidos no presente trabalho com os obtidos por Corrêa; Arbilla (2005), apresentados no Item 5.3.1 - “O uso de Gás Natural Veicular e as emissões de Formaldeído e Acetaldeído”.

Confirmada a hipótese apresentada por Corrêa; Arbilla (2005) de que o aumento dos níveis de Formaldeído observados na Cidade do Rio de Janeiro esteja relacionado com o aumento da frota de veículos com Sistema de Conversão, é possível supor que parte das conversões realizadas na frota circulante dessa cidade não atingiu níveis aceitáveis de emissões de Formaldeído. O fato possivelmente tem relação com a instalação inapropriada de Sistemas de Conversão nos veículos, realizadas em oficinas independentes e fora de critérios técnicos.

Entre as irregularidades técnicas recorrentes, podem ser citadas: exclusão ou instalação de componentes diferentes dos conjuntos de componentes originalmente

certificados; substituição de componente por outro de característica técnica inadequada ao sistema; instalação de conjunto inferior às características técnicas do veículo; não reprogramação dos módulos de ignição e injeção eletrônica.

Em contrapartida, o veículo ensaiado com Sistema de Conversão original de fábrica recebe todo o sistema desenvolvido em parceria entre fornecedor e montadora, além de nova programação no módulo de ignição e injeção eletrônica, de maneira a otimizar o rendimento térmico do motor com qualquer dos combustíveis utilizados. Apesar dos ensaios terem sido realizados em apenas um modelo de veículo com Sistema de Conversão original de fábrica, é possível ainda supor que os modelos das demais montadoras com Sistema de Conversão original de fábrica apresentem resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho, no que tange às emissões de Formaldeído e Acetaldeído.

A Tabela 5.7.3.2 apresenta a razão entre Formaldeído e Acetaldeído obtida nas quatro combinações de ensaios.

Comparação das Médias dos Ensaios	Aldeídos Totais (R-CHO)			
	Componente Unidade	HCHO (g/km)	CH ₃ CHO (g/km)	Razão HCHO/CH ₃ CHO
Ensaio Gasolina - Gasolina	0,0015	0,0031	0,48	0,0045
Ensaio Gasolina - GNV	0,0012	0,0029	0,43	0,0041
Ensaio Álcool - Álcool	0,0014	0,0114	0,12	0,0127
Ensaio Álcool - GNV	0,0008	0,0089	0,09	0,0097
Desvio	0,0003	0,0043	0,20	0,0042
Média	0,0012	0,0065	0,28	0,0077
Limites Fase IV PROCONVE	0,03			
Média vs Limite PROCONVE	25,8%			

Tabela 5.7.3.2 - Razão entre Formaldeído e Acetaldeído obtida nos ensaios.

As razões obtidas nos ensaios com veículos movidos a Gasolina utilizando Gasolina e Gás Natural apresentaram resultados relativamente próximos - respectivamente 0,48 e 0,43. O mesmo ocorre nos ensaios com veículos movidos a Álcool utilizando Álcool e Gás Natural, também apresentando resultados relativamente próximos - respectivamente 0,12 e 0,09. Em ambos os casos, a razão entre Formaldeído e Acetaldeído é menor nos veículos utilizando Gás Natural Veicular do que Gasolina ou Álcool, reforçando a hipótese que veículos com Sistema de Conversão devidamente instalado podem apresentar resultados satisfatórios de emissão de Aldeídos Totais e seus componentes.

As razões entre Formaldeído e Acetaldeído para veículos utilizando Gasolina e Álcool apresentaram relativa proximidade de resultados nos ensaios realizados no veículo com Sistema de Conversão original de fábrica: razão 0,48 para Gasolina e 0,12 para Álcool, e nos ensaios de Corrêa; Arbilla (2005) a razão 0,24 para Gasolina ou Álcool. Porém, as razões para veículos utilizando Gás Natural apresentaram grande diferença de resultados nos ensaios realizados no veículo com Sistema de Conversão original de fábrica: razão 0,43 para Gasolina - Gás Natural e 0,09 para Álcool - Gás Natural, e nos ensaios de Corrêa; Arbilla (2005) a razão 3,42 para Gás Natural.

Enquanto a razão Formaldeído / Acetaldeído diminui na utilização de Gás Natural - ao invés de Gasolina ou Álcool - no veículo com Sistema de Conversão original de fábrica, a razão aumenta consideravelmente nos veículos ensaiados por Corrêa; Arbilla (2005). O fato também pode ter relação com a utilização de Sistemas de Conversão tecnicamente inapropriados nos veículos e a não reprogramação dos módulos de ignição e injeção eletrônica. Os altos níveis de Formaldeído podem ser atribuídos à combustão incompleta do Metano - principal componente do Gás Natural Veicular, sendo convertido por catálise em Formaldeído no escapamento.

Hidrocarbonetos Totais: as emissões veiculares de Hidrocarbonetos Totais são resultado da soma das emissões de Metano e de outros Hidrocarbonetos - denominados Hidrocarbonetos não Metano.

A Fase IV PROCONVE estabelece limites máximos de emissão de Hidrocarbonetos Totais apenas para o Gás Natural Veicular, ou seja, é não aplicável para Gasolina e Álcool. Para os Hidrocarbonetos não Metano, a Fase IV PROCONVE estabelece limites máximos para os três combustíveis. No caso do Metano, não existem limites máximos de emissão para o gás na forma isolada, porém o mesmo compõe os Hidrocarbonetos Totais quando associado com os Hidrocarbonetos não Metano.

O gráfico da Figura 5.7.3.2 apresenta as emissões de Hidrocarbonetos Totais, divididos em não Metano e Metano obtidas nos ensaios, comparados com os limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE. Tanto nos casos aplicáveis quanto nos casos não aplicáveis, as emissões de Hidrocarbonetos Totais e Hidrocarbonetos não Metano apresentaram resultados inferiores aos limites máximos impostos.

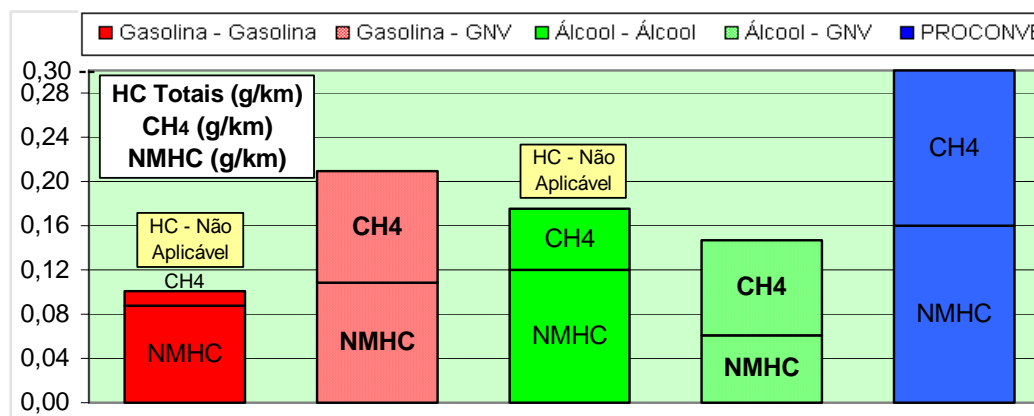


Fig. 5.7.3.2 - Emissões de Hidrocarbonetos Totais (Metano e não Metano) *versus* limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE.

Utilizando Gás Natural, as emissões de Metano aumentam em ambas as versões de combustível original do veículo. Na versão original a Álcool, ocorre aumento de emissão de Metano de 50,0% - de 0,06 g/km para 0,09 g/km. Na versão original a Gasolina, a variação é ainda mais expressiva: a emissão de Metano aumenta dez vezes - de 0,01 g/km para 0,10 g/km, aproximando o resultado da versão original a Álcool utilizando Gás Natural.

O aumento nas emissões de Metano pode ser atribuído à sua predominância na composição do Gás Natural Veicular. A ocorrência de maior aumento nas emissões da versão movida a Gasolina em relação à versão movida a Álcool pode ser atribuída a menor taxa de compressão do Motor - 9,9:1 no motor movido a Gasolina *versus* 13,1:1 no motor movido a Álcool. Provavelmente, a menor taxa de compressão causa queima menos eficiente da mistura Ar-combustível, e por consequência, maior emissão de produtos não processados na versão a Gasolina.

Para os Hidrocarbonetos não Metano, as emissões aumentam 22,2% na versão original a Gasolina utilizando Gás Natural Veicular - de 0,09 g/km para 0,11 g/km. Na versão original a Álcool, ocorre o efeito oposto utilizando Gás Natural Veicular: as emissões de Hidrocarbonetos não Metano diminuíram 50,0% - de 0,12 g/km para 0,06 g/km. Novamente, a diferença dos resultados das emissões pode ter relação com a diferença de taxa de compressão dos motores.

A soma das emissões de Metano e Hidrocarbonetos não Metano resulta nos Hidrocarbonetos Totais, que têm limites máximos de emissão apenas para o Gás Natural Veicular. Na versão original a Gasolina utilizando Gás Natural Veicular, as emissões aumentam 110,0% - de 0,10 g/km para 0,21 g/km, mas ainda permanecem dentro dos limites máximos estabelecidos. Na versão original a Álcool utilizando Gás Natural Veicular, ocorre o efeito inverso: as emissões diminuem 16,7% - de 0,18 g/km para 0,15 g/km, devido à redução da emissão do componente Hidrocarboneto não Metano anteriormente citada.

Monóxido de Carbono: a Fase IV PROCONVE estabelece o mesmo limite de emissão de Monóxido de Carbono para Gasolina, Álcool e Gás Natural em veículos leves de passageiros. Através do gráfico da Figura 5.7.3.3, é possível constatar que as emissões de Monóxido de Carbono dos quatro ensaios permaneceram inferiores aos limites máximos impostos, inclusive emitindo menores quantidades do poluente quando utilizado Gás Natural Veicular.

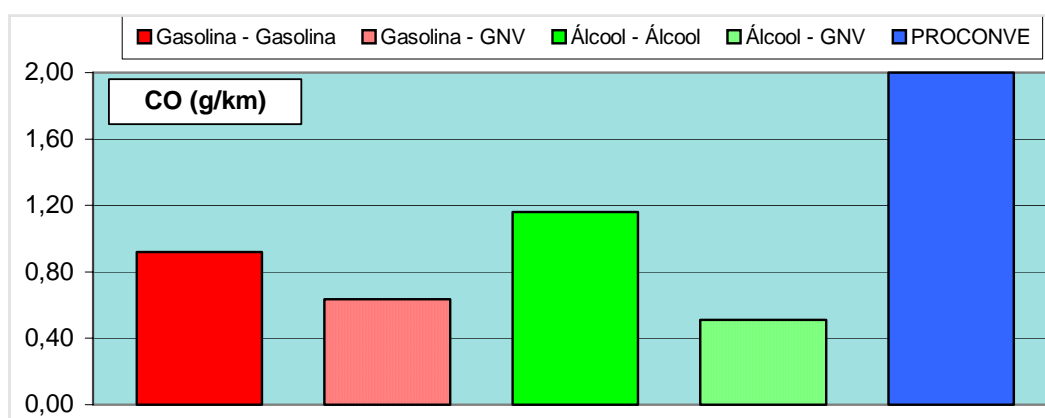


Fig. 5.7.3.3 - Emissões de Monóxido de Carbono *versus* limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE.

A emissão de Monóxido de Carbono na versão movida a Gasolina diminui 46,0% - de 0,92 g/km para 0,63 g/km, enquanto na versão movida a Álcool diminui 127,5% - de 1,16 g/km para 0,51 g/km. Utilizando os combustíveis originais, a versão movida a Álcool emite 26,1% mais Monóxido de Carbono que a versão movida a Gasolina - 1,16 g/km *versus* 0,92 g/km respectivamente. Porém, a tendência inverte quando ambos veículos utilizam Gás Natural: a versão movida a Álcool emite 19,0% menos Monóxido de Carbono que a versão movida a Gasolina - 0,51 g/km *versus* 0,63 g/km respectivamente.

Óxido de Nitrogênio: A Fase IV PROCONVE estabelece limites máximos de emissão de Óxido de Nitrogênio em veículos leves de passageiros apenas para os combustíveis Gasolina e Álcool, ou seja, é não aplicável para o Gás Natural Veicular.

Através do Gráfico da Figura 5.7.3.4, pode ser constatado que as emissões de Óxido de Nitrogênio aumentam quando ambos veículos utilizam Gás Natural como combustível. O aumento da emissão do poluente é mais acentuado na versão originalmente movida a Gasolina, atingindo razão de três vezes quando utiliza Gás Natural Veicular - de 0,08 g/km para 0,24 g/km. Para a versão original a Álcool utilizando Gás Natural Veicular, ocorre aumento de 40,0% na emissão do poluente - de 0,05 g/km para 0,07 g/km.

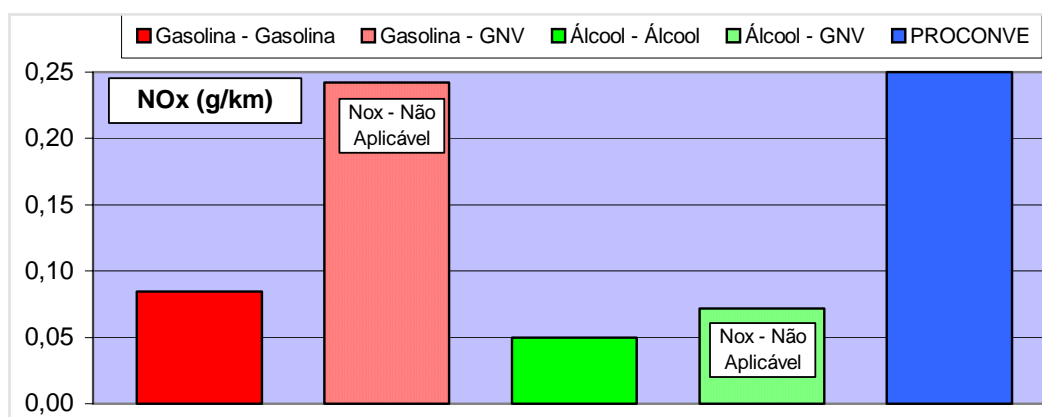


Fig. 5.7.3.4 - Emissões de Óxido de Nitrogênio *versus* limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE.

Apesar da Fase IV PROCONVE estabelecer limites máximos de emissão de Óxido de Nitrogênio em veículos leves de passageiros apenas para os combustíveis Gasolina e Álcool, as emissões do poluente nos veículos ensaiados com Gás Natural também não ultrapassam os limites impostos pelo Programa.

5.8 Conclusões sobre aspectos ambientais de emissões de veículos leves

Atualmente, as principais fontes de poluição atmosférica são relativas à combustão para geração de energia térmica e de movimento, sendo parcela considerável a poluição atmosférica gerada por veículos automotores - objeto de estudo do presente trabalho. São medidas relevantes adotadas para redução e controle de emissão de poluentes por veículos leves nacionais e suas respectivas implicações no uso de Gás Natural Veicular:

1 - Estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores. Enquanto os veículos leves nacionais no final da década de 70 emitiam, em média, 54,0 g/km de Monóxido de Carbono, 4,7 g/km de Hidrocarbonetos, 1,2 g/km de Óxido de Nitrogênio e 0,05 g/km de Aldeídos Totais, a Fase IV PROCONVE estabelece valores máximos de 2,0 g/km de Monóxido de Carbono, 0,30 g/km de Hidrocarbonetos, 0,25 g/km de Óxido de Nitrogênio e 0,03 g/km de Aldeídos Totais, valores equivalentes a 4%, 6%, 21% e 60% dos anteriormente emitidos. Vale ressaltar que fatores como aumento da frota nacional de veículos e do tempo de permanência em trânsito, e estado de conservação inadequado de parte da frota reduzem ou mesmo anulam os resultados obtidos pelo Programa.

Os limites são atualmente estabelecidos pelo Programa apenas no momento da comercialização do veículo novo. Em Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural Veicular, a Resolução nº 291 de 25 de Outubro de 2001 do Ministério do Meio Ambiente regulamenta os sistemas apenas através do Certificado Ambiental para uso do Gás Natural em Veículos Automotores. Entretanto, o certificado é emitido para cada modelo de conjunto de componentes do Sistema de Gás Natural, e

para cada tipo de motor e combustível originalmente utilizado, conforme Tabela 3.3.1. Dessa forma, não existe rigor técnico e de controle de emissões sobre veículos com Sistemas de Conversão instalados em oficinas independentes, freqüentemente ocorrendo casos de adulteração e instalação inadequada dos sistemas - popularmente denominada “canibalização”.

2 - Utilização de conversor catalítico de três vias no sistema de escape de veículos leves. Embora o Conselho Nacional do Meio Ambiente não obrigue a utilização de conversor catalítico, os atuais limites de emissões de poluentes somente são atendidos devido à eficiência de sua utilização. Convém ressaltar que a eficiência na utilização do conversor catalítico está diretamente associada à qualidade dos produtos de combustão do motor. O veículo com Sistema de Conversão original de fábrica testado no Item 5.7.3 - Análise e comparação dos resultados dos ensaios - apresenta resultados inferiores aos limites máximos de emissão de poluentes impostos pela Fase IV PROCONVE. Por outro lado, de acordo com Corrêa; Arbilla (2005), os altos níveis de Formaldeído verificados na atmosfera da Cidade do Rio de Janeiro podem ser atribuídos a conversão catalítica do Metano altamente presente nos gases de escape de veículos inadequadamente convertidos para uso de Gás Natural.

3 - Implantação pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente de Sistema “On Board Diagnosis” nos veículos leves nacionais em etapas consecutivas e complementares, denominadas OBDBr-1 e OBDBr-2. A partir de 2007 e progressivamente até 2011, todos os veículos leves comercializados no mercado nacional irão dispor do sistema, identificando níveis de emissões superiores aos estabelecidos pela legislação e resultantes de alterações das condições originais do veículo. Porém, no caso de projetos específicos - como os veículos com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural, a Resolução do Conselho poderá dispensar o atendimento de alguns requisitos do sistema, até que novas regras sejam fixadas para os casos, permanecendo isentos ao controle imposto pelo Sistema “On Board Diagnosis”.

Apesar do aumento das imposições dos órgãos competentes para redução e controle de emissão de poluentes, ainda existe na legislação nacional lacunas que permitem a

utilização de veículos novos e usados com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural em situação inapropriada. Como exemplo, o Certificado Ambiental para uso do Gás Natural em Veículos Automotores apenas relaciona o modelo de conjunto de componentes do Sistema de Gás Natural com o tipo de motor e combustível originalmente utilizado, o que facilita adulteração e instalação inadequada de Sistemas de Conversão, em especial em oficinas independentes.

A obrigatoriedade de ensaio conforme norma NBR 6601 a cada conversão para uso de Gás Natural garantiria o atendimento dos limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE, porém a atual elevada quantidade de conversões *versus* recursos para execução dos ensaios inviabiliza semelhante medida. Dessa forma, a rigorosa fiscalização por órgãos competentes em oficinas de conversão ainda pode ser apontada como a medida mais eficiente no controle dos veículos com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural.

6 ASPECTOS MERCADOLÓGICOS

6.1 Origem do Gás Natural

De acordo com Petrobras (2005), a formação do Gás Natural é resultado do acúmulo de energia solar sobre matérias orgânicas soterradas na acomodação da crosta terrestre. É composto por diversos gases inorgânicos e Hidrocarbonetos saturados, prevalecendo Metano (CH_4), Propano (C_3H_8) e Butano (C_4H_{10}), e freqüentemente encontrado na natureza com baixos teores de contaminantes - Nitrogênio, Dióxido de Carbono, compostos de Enxofre e Água, permanecendo no estado gasoso nas CNTP - Condições Normais de Temperatura e Pressão.

O Gás Natural é encontrado na natureza em rochas porosas no subsolo. Quanto às formas de associação à presença de Petróleo, existem duas possibilidades:

- Gás Natural não associado, ou proveniente de reservatório produtor de gás: no reservatório, está livre ou associado a quantidades insignificantes de óleo, situação que justifica produzir somente gás. O Gás Natural não associado é mais interessante do ponto de vista econômico, devido ao grande acúmulo de Propano e de Hidrocarbonetos mais pesados. As maiores ocorrências de gás na natureza são na forma não associada.

- Gás Natural associado, ou proveniente de reservatório produtor de Petróleo: no reservatório, está dissolvido no Petróleo ou sob forma de capa, sendo sua produção determinada em função da produção do Petróleo. Caso a extração do Gás Natural não seja interessante do ponto de vista econômico, o mesmo é novamente injetado na jazida ou ainda queimado, de maneira a evitar o acúmulo de gases combustíveis nas proximidades dos poços de Petróleo.

A Figura 6.1.1 ilustra as duas possibilidades quanto à associação.

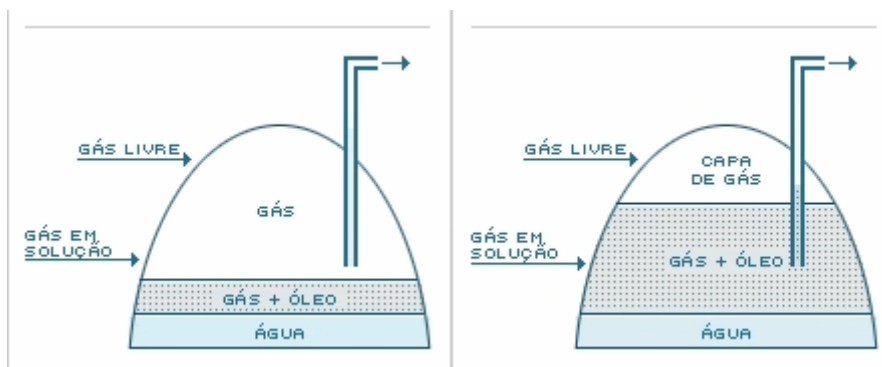


Fig. 6.1.1 - Formas de associação do Gás Natural à presença de Petróleo (Fonte: PETROBRAS, 2005).

6.2 Disponibilidade de combustíveis fósseis para veículos

De acordo com Gas & Oil Journal (2005), a base mundial de recursos de Petróleo é dividida em três categorias: recursos comprovados, que são as quantidades descobertas e econômica e tecnologicamente viáveis de serem recuperadas; crescimento dos recursos, resultante principalmente de fatores tecnológicos que aumentam o índice de recuperação; recursos ainda não descobertos, ou a estimativa do Petróleo a ser descoberto por exploração.

Atualmente, os recursos totais de Petróleo do mundo estão estimados em $2,935 \times 10^{12}$ de barris - sendo um barril o equivalente a 158,98 litros - entre 1995 e 2025, incluindo as estimativas para líquidos de Gás Natural e refletindo a eliminação da produção cumulativa. Em estudo realizado em 2004, estima-se que o consumo mundial de Petróleo crescerá de $28,0 \times 10^9$ de barris em 2001 para $44,0 \times 10^9$ de barris em 2025. Nessa perspectiva, menos da metade do total de recursos petrolíferos convencionais seriam consumidos até 2025. Existem ainda cerca de $3,3 \times 10^{12}$ de barris de recursos petrolíferos não convencionais - areias betuminosas e óleos ultra pesados economicamente inviáveis de serem produzidos com a tecnologia atual. Porém, caso o preço mundial do Petróleo atinja em 2025 o preço de US\$ 35,00 por barril - em Valor Presente de 2002, é esperado que o Petróleo não convencional produza até $2,9 \times 10^9$ barris por ano.

Os $1,265 \times 10^{12}$ de barris das reservas petrolíferas comprovadas são suficientes para atender à demanda mundial apenas até o ano de 2025. O montante se divide geograficamente de maneira não uniforme, pois 69% das reservas comprovadas se localizam nos onze países produtores de Petróleo membros da OPEP - Organization of the Petroleum Exporting Countries: Argélia, Indonésia, Irã, Iraque, Catar, Kuwait, Líbia, Venezuela, Nigéria, Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos. O restante das reservas comprovadas se divide entre América do Norte (17%) e América Central e do Sul, África, Leste Europeu e ex União Soviética (6 a 8% cada).

Seguindo a mesma tendência das reservas mundiais de Petróleo, as reservas comprovadas de Gás Natural vêm aumentando desde a década de 70. Estudos realizados por Oil & Gas Journal (2005) estimam as reservas comprovadas de Gás Natural em $172,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$. Existe ainda quantidade significativa de Gás Natural a ser descoberta, que a USGS - United States Geological Survey - estima em cerca de $121,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$. Da mesma forma que o Petróleo, os recursos de Gás Natural podem aumentar em função de avanços tecnológicos e circunstâncias econômicas. Quanto às reservas mundiais, estima-se que o mercado tenha até o momento consumido menos de 10% do total.

Ao contrário do Petróleo, as reservas de Gás Natural estão distribuídas de maneira equilibrada em todas regiões do mundo, mas têm concentração maior na Rússia, Irã e Catar, que juntos correspondem por cerca de 58% do total.

A medida de tempo disponível de fornecimento de Gás Natural em determinada região pode ser obtida pela razão (r/p) entre reservas comprovadas e níveis de produção. Apesar do aumento de consumo de Gás Natural em todo o mundo, a maior parte das razões mundiais se mantém próxima de 61 anos, atingindo picos de 76 anos na Rússia, 90 anos na África e mais de 100 anos no Oriente Médio.

De acordo com relatório da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2006), as reservas nacionais comprovadas de Gás Natural aumentaram com taxa média de 7,4% ao ano entre 1964 e 2005, atingindo $306,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$. O

constante crescimento se deve em especial às descobertas sob forma associada na Bacia de Campos e do Solimões e na Jazida de Juruá.

Em função das descobertas de Gás Natural ocorrerem no Brasil principalmente sob forma associada, o crescimento dessas reservas apresenta comportamento próximo à evolução das reservas de Petróleo. Exceções ocorrem na Bacia de Santos e na Foz do Amazonas, locais onde o Gás Natural se encontra sob forma não associada.

A Figura 6.2.1 apresenta a evolução de reservas brasileiras de Gás Natural no período compreendido entre 1965 e 2005.

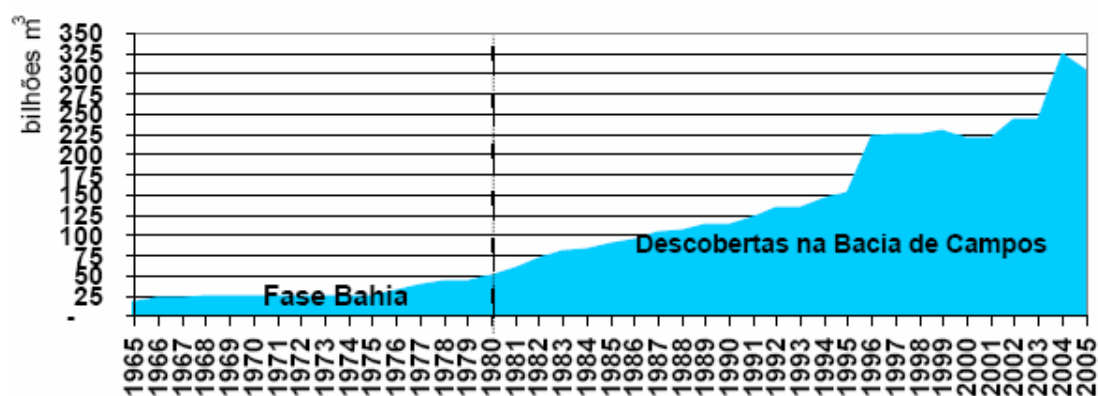


Fig. 6.2.1 - Evolução de reservas brasileiras de Gás Natural entre 1965 e 2005 (Fonte: ANP, 2006).

As reservas se distribuem nas várias regiões do território brasileiro, sendo 23,4% em terra e os 76,6% restantes em mar. A Figura 6.2.2 apresenta a distribuição, por Estado da União, das reservas em 2006.

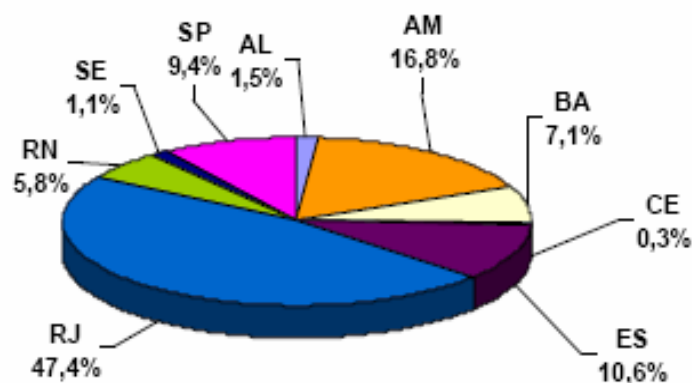


Fig. 6.2.2 - Distribuição por Estado de reservas de Gás Natural em 2006 (Fonte: ANP, 2006)

Atualmente, o país tem oferta de $50,7 \times 10^6$ m³/dia de Gás Natural. Desse volume, deve ser deduzido o consumo próprio de $6,0 \times 10^6$ m³/dia nas áreas de produção, $10,0 \times 10^6$ m³/dia de queima e perdas, e $8,0 \times 10^6$ m³/dia de re-injeção. A Figura 6.2.3 mostra a segmentação da produção nacional de Gás Natural.

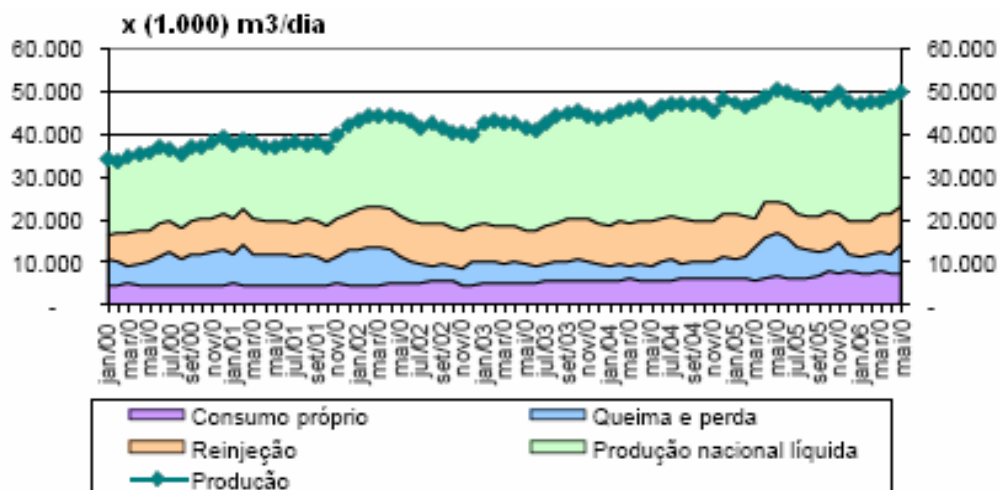


Fig. 6.2.3 - Segmentação da produção nacional de Gás Natural (Fonte: ANP, 2006).

Além das reservas nacionais, o país importou por dia em 2005, $23,5 \times 10^6$ m³ de Gás Natural da Bolívia através do Gasoduto Bolívia-Brasil e do Gasoduto Lateral Cuiabá, e $1,5 \times 10^6$ m³ de Gás Natural da Argentina através da Sulgás - Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul.

A Figura 6.2.4 mostra a composição da oferta de Gás Natural do país por origem - nacional ou importada.

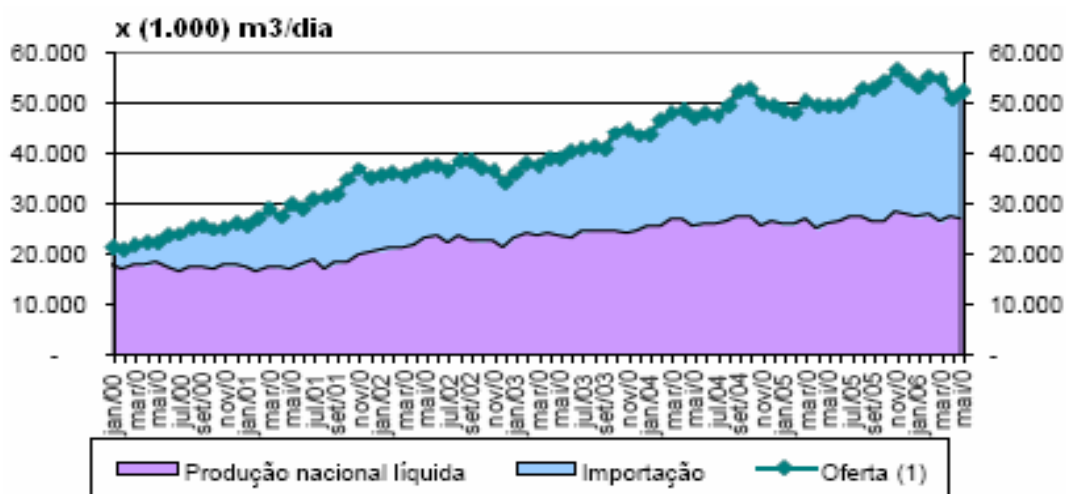


Fig. 6.2.4 - Composição da oferta de Gás Natural no Brasil por origem (Fonte: ANP, 2006).

6.3 Rede de distribuição nacional de Gás Natural

A rede de distribuição de Gás Natural ainda se encontra em considerável processo de expansão em grande parte do país, sendo seu uso em escala fenômeno recente. As primeiras reservas nacionais de Gás Natural conhecidas se localizam na região da Amazônia, distantes dos principais mercados de consumo e tecnicamente inviáveis para exploração comercial. Com o recente desenvolvimento de tecnologias aplicadas à exploração de águas profundas, tornou-se possível identificar reservas de gás próximas desses mercados, e tecnicamente viáveis para exploração comercial. Além disso, grande parte da demanda primária de energia nacional - cerca de 44% - provém de fontes renováveis, em especial as hidroelétricas.

A infra-estrutura de transporte é composta por uma malha de gasodutos que leva o Gás Natural seco até os pontos de entrega às distribuidoras estaduais. Essa malha transporta gás de origem nacional e internacional através de uma rede de 5.433,2 km de extensão e com capacidade de transporte de $71,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dia}$.

No uso de Gás Natural para fins veiculares, o crescimento da demanda torna viável o aumento do número de postos para esse combustível e a conseqüente construção de redes em áreas até então economicamente inviáveis.

Segundo Gasnet (2005), atualmente o Brasil conta com uma rede de 1.163 postos de Gás Natural Veicular, distribuídos em 18 Estados conforme Tabela 6.3.1 abaixo.

Estado	Postos com GNV	Estado	Postos com GNV
Rio de Janeiro	385	Paraíba	22
São Paulo	349	Paraná	18
Minas Gerais	71	Alagoas	22
Ceará	55	Espírito Santo	19
Pernambuco	45	Sergipe	14
Rio Grande do Norte	42	Mato Grosso do Sul	7
Santa Catarina	54	Amazonas	1
Bahia	31	Piauí	1
Rio Grande do Sul	26	Mato Grosso	1
Total	1.163		

Tabela 6.3.1 - Rede de postos de Gás Natural Veicular (Fonte: GASNET, 2005).

6.4 Frota de veículos movidos a Gás Natural Veicular

De acordo com dados coletados pela IANGV - International Association for Natural Gas Vehicles (2006), a frota mundial de veículos leves convertidos para uso de Gás Natural se aproxima das 5.000.000 de unidades. Os dois maiores mercados se localizam na América do Sul - Argentina e Brasil, e somados representam 51,0% do total da frota mundial. Outros três países da América do Sul - Colômbia, Venezuela e Bolívia - ainda figuram entre os quinze maiores mercados mundiais.

A Tabela 6.4.1 apresenta dados dos principais mercados mundiais, as respectivas frotas de veículos leves convertidos para uso de Gás Natural e o número de postos de abastecimento com oferta do combustível.

Posição	País	Frota (000)	Frota mundial (%)	Postos de GNV
1	Argentina	1.459,2	29,6	1.400
2	Brasil	1.053,0	21,4	1.163
3	Paquistão	870,0	17,7	828
4	Itália	382,0	7,8	509
5	Índia	248,0	5,0	198
6	E.U.A.	130,0	2,6	1.340
7	China	97,2	2,0	355
8	Irã	91,3	1,9	120
9	Ucrânia	67,0	1,4	147
10	Egito	63,1	1,3	95
11	Colômbia	60,0	1,2	90
12	Bolívia	45,0	0,9	63
13	Bangladesh	44,5	0,9	106
14	Venezuela	44,1	0,9	149
15	Rússia	41,8	0,8	213
	Outros	229,8	4,7	2168
	Total	4.926,1	100,0	8.944

Tabela 6.4.1 - Dados dos principais mercados mundiais de Gás Natural Veicular (Fonte: IANGV, 2006).

Segundo o IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2006), as conversões de veículos leves para utilização de Gás Natural atingiram 216.336 unidades no Brasil no ano de 2005, elevando a frota nacional para mais de 1.053.000 veículos convertidos e com média de conversão de 18.028 veículos por mês em 2005. No

final do ano anterior, a frota nacional de veículos convertidos era composta por 836.000 unidades, representando aumento de 26,0% entre 2004 e 2005.

De acordo com dados do RENAVAM - Registro Nacional de Veículos Automotores (2005), durante o ano de 2005 foram comercializados no Brasil 1.618.940 veículos leves novos. Considerando o número de conversões realizadas em 2005, a cada cem veículos novos comercializados no país, ocorreram treze conversões para uso de Gás Natural. Convém ressaltar que nem todos veículos são convertidos no ano ou ato da aquisição, porém tal comparação serve como referencial para o tamanho e grau de importância da indústria nacional de conversão.

A Figura 6.4.1 mostra a evolução mensal desde 2003 e o crescimento da frota em 2006 de veículos leves convertidos.

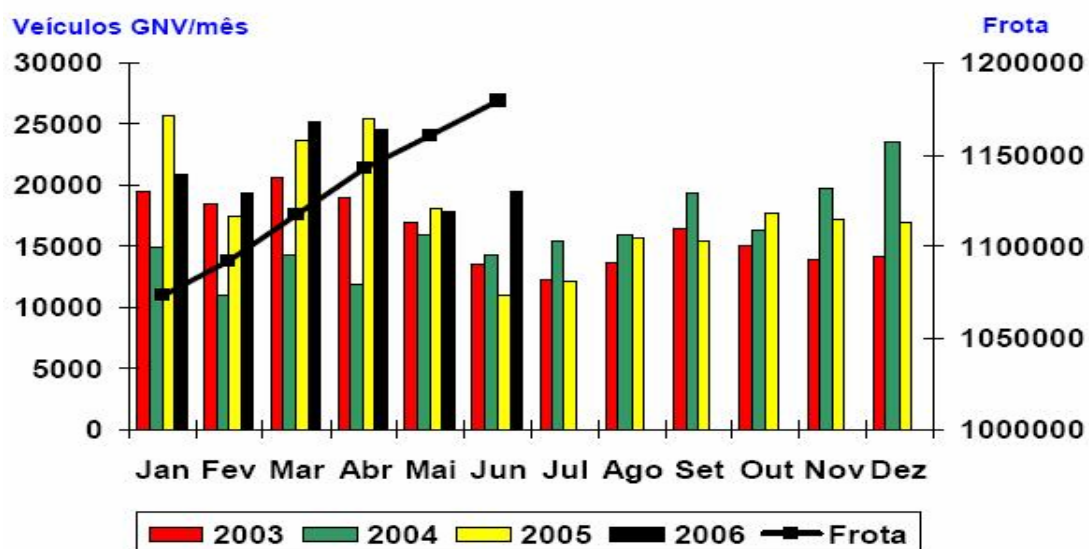


Fig. 6.4.1 - Evolução mensal desde 2003 e crescimento da frota em 2006 de veículos leves convertidos (Fonte: IBP, 2006).

Os dois maiores mercados estaduais - Rio de Janeiro e São Paulo - detêm juntos 64% de toda a frota nacional. Considerando a Região Sudeste do Brasil, a participação corresponde a 73% de toda a frota nacional de veículos convertidos, o que caracteriza a região como grande mercado consumidor de Gás Natural Veicular do país.

A Figura 6.4.2 apresenta a participação por Estado da frota nacional de veículos leves convertidos no fechamento do ano de 2005.

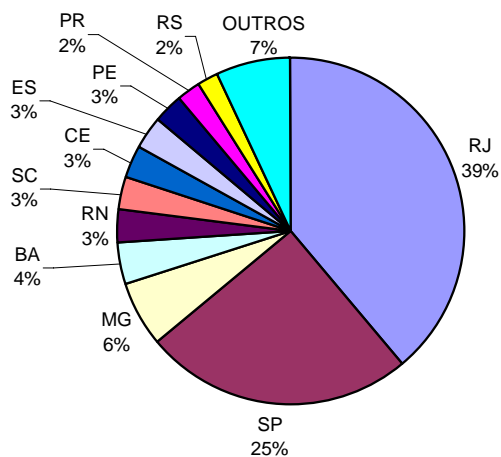


Fig. 6.4.2 - Participação por Estado da frota nacional de veículos leves convertidos (Fonte: IBP, 2006).

6.5 Política nacional da comercialização de Gás Natural Veicular

A crise mundial do Petróleo ocorrida na década de 70, aliada à grande dependência nacional de combustíveis líquidos derivados de Petróleo para o setor de transporte, impôs a necessidade de reformulação da política energética brasileira.

O PLANGÁS - Plano Nacional de Gás Natural - foi então desenvolvido pela CNE - Comissão Nacional de Energia - e buscava a substituição do Diesel no transporte rodoviário, além de iniciativas no setor de veículos leves. Nesse período, o Gás Natural tinha participação de apenas 1,8% no consumo energético do país. A Resolução 01/88 da CNE determinou o adiantamento do uso de Gás Natural no transporte coletivo para a redução do consumo de Diesel.

As Resoluções 727/89 e 735/89 do CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito - autorizaram uso de Gás Natural em frotas de veículos novos ou usados, com motores Ciclo Diesel ou Otto, além de instituir obrigatoriedade de apresentação de certificado de homologação de conversão, expedido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - para efeito de licenciamento.

A Portaria 107/91 do MINFRA - Ministério da Infra-Estrutura - autorizou distribuidoras de combustíveis a oferecer Gás Natural Veicular, desde que obedecidas às normas do Departamento Nacional de Combustíveis. Ainda em 1991, a Portaria 222 do MINFRA liberou o uso de Gás Natural em táxis e a Portaria 26 do Departamento autorizou a oferta de Gás Natural Veicular em postos de combustível.

A Portaria 553/92 do Ministério de Minas e Energia autorizou o uso de Gás Natural Veicular em veículos de transporte de cargas, táxis e frotas de empresas, de serviços públicos e de ônibus urbanos e interurbanos.

Por fim, o Decreto 1787 de 12 de Janeiro de 1996 autorizou a utilização de Gás Natural em veículos automotores e motores estacionários.

Após esse período transitório, o Gás Natural gradualmente iniciou seu desenvolvimento no país como combustível veicular alternativo. Iniciativas como a Lei 3335 do Governo do Estado do Rio de Janeiro, que estabelecem alíquotas reduzidas para 1% no IPVA - Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores - incentivaram o aumento do número de conversões, transformando o estado na maior frota de veículos convertidos do país.

Outra importante iniciativa, mas que ainda permanece em discussão, é o desenvolvimento dos denominados Corredores Azuis nos países do Cone Sul. Se implementado, o projeto irá interligar cidades como Rio de Janeiro e São Paulo com Buenos Aires, Montevideu e Santiago. Esses corredores são rotas onde haverá disponibilidade de Gás Natural para abastecimento de veículos, melhorando as atuais condições de importação e exportação e a integração política entre as regiões.

Porém, é possível constatar que o mercado nacional de Gás Natural Veicular ainda sofre grande dependência da política econômica e do nível de confiança dos consumidores. Como exemplo, o Secretário-Executivo do Ministério de Minas e Energia do Brasil declarou em Maio de 2005 que o Governo Federal temia o aumento do consumo de Gás Natural para fins veiculares, e que haveria risco de

desabastecimento no caso do ritmo de crescimento da procura pelo combustível continuasse nos níveis averiguados. De acordo com dados do IBP (2006), o volume de Gás Natural Veicular comercializado no primeiro trimestre de 2005 havia crescido 24,3% em comparação com o mesmo período do ano anterior, de $359,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ para $440,0 \times 10^6 \text{ m}^3$. A afirmação estava baseada na hipótese da oferta de Gás Natural do país ainda não estar plenamente garantida e que haveria outras finalidades mais “nobres” do uso desse combustível do que o automotivo, como o uso industrial. A declaração de que o Governo Federal estudava possíveis medidas para desestímulo do aumento das conversões de veículos é a hipótese mais provável para a grande retração e inversão de tendência de crescimento ocorridas nesse segmento da indústria durante os quatro meses seguintes - vide Figura 6.4.2, causando prejuízos para investidores da indústria automotiva e distribuidores de Gás Natural Veicular.

Segundo estudo realizado por Oil & Gas Journal (2005), atualmente o Brasil consome somente 13% de sua produção líquida de Gás Natural para fins veiculares.

6.6 Mercado nacional de oficinas de conversão registradas pelo INMETRO

O aumento da demanda de conversão de veículos para uso de Gás Natural registrado nos últimos anos é o principal motivo do aumento do número de oficinas de conversão. No Brasil, somente oficinas com CRI – Certificado de Registro de Instalador e credenciadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial têm autorização para realizar a conversão, devendo estas fornecer certificado de homologação de montagem do Sistema de Conversão. O certificado atesta quanto ao cumprimento das normas técnicas estabelecidas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, permitindo que o veículo seja legalizado junto ao departamento de trânsito local.

A Região Sudeste detém 60,2% do total de oficinas de conversão do Brasil - 436 oficinas registradas, seguida pela Região Sul, que detém 20,4% do total de oficinas do Brasil - 148 oficinas registradas. Somadas, as Regiões Sul e Sudeste representam 80,7% do mercado nacional de conversão - 584 oficinas registradas, o que

caracteriza a região como grande mercado de consumo nacional. O aumento do número de oficinas de conversão também pode ser verificado no Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, porém as Regiões somadas ainda representam apenas 18,9% do total de oficinas do Brasil - 137 oficinas registradas. Embora seja a maior Região do país, o Norte do Brasil possui apenas 0,4% do total de oficinas de conversão - 3 oficinas registradas, e ainda representa um mercado inexpressivo para Gás Natural Veicular.

A Tabela 6.6.1 apresenta o número de oficinas de conversão para uso de Gás Natural Veicular registradas pelo INMETRO por estado brasileiro.

Estado	Oficinas de Conversão	Estado	Oficinas de Conversão
São Paulo	234	Paraíba	12
Rio de Janeiro	144	Rio Grande do Norte	12
Santa Catarina	83	Alagoas	11
Rio Grande do Sul	47	Mato Grosso do Sul	11
Minas Gerais	41	Mato Grosso	7
Bahia	35	Sergipe	7
Ceará	22	Amazonas	3
Paraná	18	Piauí	2
Espírito Santo	17	Distrito Federal	1
Pernambuco	17		
Total			724

Tabela 6.6.1 - Oficinas de conversão para uso de Gás Natural por Estado (Fonte: INMETRO, 2005).

6.7 Programa das montadoras para instalação de Sistema de Conversão

Segundo Villanueva (2002), “o veículo a gás com equipamento original do fabricante é aquele veículo que foi projetado, produzido e certificado através de um equipamento original do fabricante (Original Equipment Manufacturer - OEM) para operar com um determinado tipo de combustível, no caso veículo dedicado para operar com Gás Natural”.

Alguns fabricantes como Bayerische Motoren Werke Ag., DaimlerChrysler Ag., Fiat Auto S.p.A, Ford Motors Company Ltd., American Honda Motor Corporation, Inc., Mitsubishi Motors, Inc., Nissan Motor Corporation, Ltd., Toyota Motor Corporation, Inc., General Motors Corporation e Volvo Car Corporation oferecem no mercado internacional opções de veículos originais de fábrica movidos a Gás Natural

Veicular. Como principais vantagens, podem ser citados a garantia de fábrica e o cumprimento da legislação ambiental vigente.

Desde o ano de 2003, as quatro maiores montadoras nacionais possuem programas para instalação de Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural Veicular. Os veículos mantêm a garantia de fábrica e são homologados pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores. Até a atualidade, nenhum dos programas apresentados obteve impacto relevante no mercado nacional de conversão.

6.7.1 General Motors do Brasil S/A

Desde 25 de Agosto de 2004, a General Motors do Brasil oferece no país o único veículo da marca com Sistema de Conversão para uso de Gás Natural, denominado Astra Sedan Multipower. O veículo pode ser abastecido com Gasolina e / ou Álcool em qualquer proporção, através de tecnologia desenvolvida pelas empresas Robert Bosch Ltda. e Powertrain Ltd. O sistema de injeção seqüencial de Gás Natural foi desenvolvido pela empresa Rodagás do Brasil Sistemas a Gás Ltda., que dispõe de colaboradores para a montagem do Sistema de Conversão na própria linha de montagem do veículo, na unidade da montadora.

Apesar da montadora lançar o Astra Sedan Multipower com previsão inicial de 200 vendas por mês, apenas 1.000 unidades foram comercializadas desde o lançamento até Novembro de 2005, totalizando média de 70 veículos vendidos por mês. O veículo só pode ser adquirido sob encomenda e em concessionária autorizada, não havendo disponibilidade para pronta entrega ao consumidor. Em valores de Novembro de 2005, o Sistema de Conversão com dois cilindros de 8 m³ aumentava o preço médio do Astra Sedan Multipower de R\$ 53.000,00 para R\$ 56.700,00.

A General Motors do Brasil mantém as mesmas condições de garantia do Astra Sedan para a versão Multipower - um ano sem limite de distância percorrida para uso não comercial e limitada a 50.000 km percorridos para uso comercial, fato que não ocorre quando o consumidor opta pela conversão em oficina independente.

A Tabela 6.7.1.1 apresenta os principais dados técnicos do Astra Sedan Multipower, conforme informado pela General Motors do Brasil.

	Gasolina	Álcool	Gás Natural Veicular
Configuração do motor	Transversal com 4 cilindros em linha e 2 válvulas por cilindro		
Capacidade volumétrica	1.998 cm ³ (cilindro com diâmetro = 86 mm e curso = 86 mm)		
Taxa de compressão	11,3:1		
Injeção de Gasolina / Álcool	Multiponto seqüencial		
Injeção de Gás Natural	Injeção eletrônica seqüencial (Geração 5)		
Seleção do combustível	Manual com chave comutadora no painel		
Capacidade de combustível	52 litros		8 m ³ por cilindro
Capacidade do porta-malas	460 litros (sem cilindros) / 275 litros (com 2 cilindros de 8 m ³)		
Massa em ordem de marcha	1.100 kg (sem cilindros) / 1.190 kg (com 2 cilindros de 8 m ³)		
Potência máxima	121,0 cv	127,6 cv	105,8 cv
Rotação de potência máxima	5.200 rpm	5.200 rpm	5.200 rpm
Torque máximo	18,3 kgf x m	19,6 kgf x m	16,4 kgf x m
Rotação de torque máximo	2.600 rpm	2.400 rpm	2.400 rpm
Velocidade máxima	198 km/h	203 km/h	185 km/h
Aceleração (0 a 100 km/h)	9,8 s	9,1 s	13,0 s
Consumo urbano (NBR 7024)	9,5 km/l	7,2 km/l	12,7 km/m ³
Consumo em estrada (NBR 7024)	15,2 km/l	10,4 km/l	17,7 km/m ³
Consumo médio (NBR 7024)	12,0 km/l	8,7 km/l	15,0 km/m ³
Autonomia urbana	494,0 km	374,4 km	203,2 km (2 cilindros)
Autonomia em estrada	790,4 km	540,8 km	283,2 km (2 cilindros)
Autonomia média	624,0 km	452,4 km	240,0 km (2 cilindros)

Tabela 6.7.1.1 - Dados técnicos do Astra Sedan Multipower (Fonte: General Motors do Brasil S/A, 2004).

A montadora atualmente prioriza a oferta do produto para consumidores na qualidade de pessoa jurídica - taxistas e frotistas em geral. Para tanto, a General Motors do Brasil ainda não utiliza campanhas de divulgação do Astra Sedan Multipower para pessoas físicas, pois essa categoria de consumidor ainda precisa de maior adaptação ao uso do Gás Natural Veicular. A montadora pretende, em período ainda não divulgado, atingir os consumidores na qualidade de pessoas físicas.

6.7.2 Fiat Automóveis S/A

Em 20 de Outubro de 2003, a Fiat Automóveis S/A lançou a primeira versão nacional da marca com preparação para instalação de Sistema de Conversão para uso de Gás Natural, denominada Fiat Siena 1.8.

A preparação feita pela montadora na versão do Fiat Siena consistia de regulagem do sistema de gerenciamento eletrônico para funcionamento com Gasolina e Gás Natural, sistema de alimentação de gás entre porta-malas e compartimento do motor, preparação de sistema elétrico, preparação dos pontos de fixação dos cilindros no porta-malas e reforços no sistema de suspensão traseira para instalação dos cilindros de Gás Natural. Para medição da quantidade percentual de Gás Natural nos cilindros e opção do combustível, o veículo dispunha de medidor digital e chave comutadora, ambos equipamentos incorporados ao painel.

Para manutenção da garantia original de fábrica - um ano sem limite de distância percorrida, a instalação dos cilindros e demais componentes do Sistema de Conversão deveria ser realizada em concessionária autorizada da Fiat Automóveis, ou na empresa Biogás Comércio e Representação Ltda., responsável pelo desenvolvimento do Sistema de Conversão do Fiat Siena 1.8. Após a instalação, o veículo recebia um selo de manutenção da garantia de fábrica. Caso o consumidor optasse pela instalação em oficina de conversão independente ou empresa não autorizada, a Fiat Automóveis não mantinha a garantia de fábrica do veículo.

Em valores de Novembro de 2003, o sistema de preparação para uso de Gás Natural era oferecido pela montadora por R\$ 390,00, enquanto a instalação a instalação dos cilindros e demais componentes do Sistema de Conversão em oficinas credenciadas era oferecido por R\$ 3.690,00. Com investimento total de R\$ 4.080,00 no Sistema de Conversão e em valor da época, o Fiat Siena 1.8 EX tinha preço final ao consumidor de R\$ 31.340,00.

A Tabela 6.7.2.1 apresenta os principais dados técnicos do Fiat Siena 1.8 com Sistema de Conversão, conforme informado pela Fiat Automóveis.

	Gasolina	Gás Natural Veicular
Configuração do motor	Transversal com 4 cilindros em linha e 2 válvulas por cilindro	
Capacidade volumétrica	1.796 cm ³ (cilindro com diâmetro= 80,5 mm e curso= 88,2 mm)	
Taxa de compressão	9,4:1	
Injeção de Gasolina	Multiponto seqüencial	
Injeção de Gás Natural	Módulo de controle, dois atuadores, aspirado com misturador (Geração 3)	
Seleção do combustível	Manual com chave comutadora no painel	
Capacidade de combustível	48 litros	7,0 m ³ por cilindro
Capacidade do porta-malas	500 litros (sem cilindros) / 370 litros (com 2 cilindros de 7,0 m ³)	
Massa em ordem de marcha	1.060 kg (sem cilindro) / 1.140 kg (com 2 cilindros de 7,0 m ³)	
Potência máxima	103,0 cv	96,0 cv
Rotação de potência máxima	5.400 rpm	5.400 rpm
Torque máximo	17,0 kgf x m	Não determinado
Rotação de torque máximo	2.800 rpm	Não determinada
Velocidade máxima	186 km/h	Não determinada
Aceleração (0 a 100 km/h)	9,7 s	Não determinada
Consumo urbano (NBR 7024)	12,2 km/l	10,7 km/m ³
Consumo em estrada (NBR 7024)	16,3 km/l	14,3 km/m ³
Consumo médio (NBR 7024)	14,2 km/l	12,4 km/m ³
Autonomia urbana	585,6 km	149,8 km
Autonomia em estrada	782,4 km	200,2 km
Autonomia média	681,6 km	173,6 km

Tabela 6.7.2.1 - Dados técnicos do Fiat Siena com Sistema de Conversão (Fonte: Fiat Automóveis S/A, 2003).

Entre os meses de Novembro de Dezembro de 2003, foram vendidas apenas 100 unidades do Fiat Siena com preparação para instalação de Sistema de Conversão. Em Novembro de 2004, devido ao lançamento da linha de motores com tecnologia bi-combustível para o Fiat Siena, A Fiat Automóveis encerrou a oferta da preparação para instalação de Sistema de Conversão.

6.7.3 Ford Motors Company Ltda.

A filial argentina da Ford Motors Company iniciou em 1º de Agosto de 2005 a oferta do seu primeiro veículo movido a Gasolina e com opção de Sistema de Conversão para uso de Gás Natural, denominado Ford Ranger 2.3 L. A empresa tem os produtores agrícolas como público alvo dessa versão de veículo comercial leve, aliado a atratividade de preço e oferta do combustível no país.

O projeto foi desenvolvido através de parceria entre as empresas White Martins Gases Industriais Ltda. e BRC Gas Equipment Ltda. O veículo utiliza Sistema de Conversão do tipo injeção eletrônica seqüencial - Geração 5, que deve ser instalado em oficinas credenciadas pela Ford Motors Company na Argentina, para manutenção da garantia de fábrica.

Em 26 de Outubro de 2005, a filial brasileira apresentou ao mercado nacional a Ford Ranger 2.3 L com as mesmas configurações usadas na filial argentina. A Ford Motors Company também oferece a instalação do Sistema de Conversão em oficinas credenciadas no Brasil, e somente mantém as condições originais de garantia do veículo - dois anos após a aquisição do veículo novo ou 50.000 km percorridos - quando o consumidor opta pela conversão nessas oficinas e cumpre com a revisão obrigatória do veículo a cada 15.000 km percorridos.

Em valores de Novembro de 2005, o Sistema de Conversão aumentava o preço da versão com menor quantidade de equipamentos opcionais da Ford Ranger 2.3 L em R\$ 3.500,00 - de R\$ 41.120,00 para R\$ 44.620,00, nas oficinas credenciadas pela montadora e desconsiderando o custo do cilindro. A oferta do produto pretende atingir as regiões do país com maior disponibilidade de postos de abastecimento de Gás Natural, para consumidores na qualidade de pessoa física e jurídica - transporte de cargas em geral, e visa introduzir a Ford Motors Company no crescente mercado nacional de Gás Natural Veicular.

A Tabela 6.7.3.1 apresenta os principais dados técnicos da Ford Ranger 2.3 L na configuração de carroceria denominada “cabine simples” e com Sistema de Conversão, conforme informado pela montadora.

	Gasolina	Gás Natural Veicular
Configuração do motor	Longitudinal com 4 cilindros em linha e 4 válvulas por cilindro	
Capacidade volumétrica	2.260 cm ³ (cilindro com diâmetro= 87,5 mm e curso= 94,0 mm)	
Taxa de compressão	9,7:1	
Injeção de Gasolina	Multiponto seqüencial	
Injeção de Gás Natural	Injeção eletrônica seqüencial (Geração 5)	
Seleção do combustível	Manual com chave comutadora no painel	
Capacidade de combustível	60 litros	28,2 m ³
Massa em ordem de marcha	1.480 kg (sem cilindro) / 1.600 kg (com cilindro de 28,2 m ³)	
Potência máxima	150,0 cv	138,0 cv
Rotação de potência máxima	5.250 rpm	5.250 rpm
Torque máximo	22,1 kgf x m	19,6 kgf x m
Rotação de torque máximo	3.750 rpm	3.750 rpm
Velocidade máxima	150 km/h	147 km/h
Aceleração (0 a 100 km/h)	13,6 s	Não determinada
Consumo urbano (NBR 7024)	7,7 km/l	9,2 km/m ³
Consumo em estrada (NBR 7024)	10,6 km/l	12,4 km/m ³
Consumo médio (NBR 7024)	9,0 km/l	10,9 km/m ³
Autonomia urbana	462,0 km	260,2 km
Autonomia em estrada	636,0 km	350,4 km
Autonomia média	540,0 km	307,4 km

Tabela 6.7.3.1 - Dados técnicos da Ford Ranger com Sistema de Conversão (Fonte: Ford Motors Company Ltda., 2006).

6.7.4 Volkswagen do Brasil Ltda.

Em 1º de Outubro de 2003, a Volkswagen do Brasil Ltda. iniciou a oferta do primeiro veículo nacional da marca com opção de instalação de Sistema de Conversão e manutenção da garantia de fábrica. O Volkswagen Santana 1.8 possui duas versões de combustível - Gasolina e Álcool, ambas oferecidas ao consumidor com opção de instalação de Sistema de Conversão.

O Sistema foi desenvolvido através de parceria da Volkswagen do Brasil com as empresas White Martins Gases Industriais Ltda. e BRC Gas Equipment Ltda. Na oficina autorizada, o veículo proveniente da fábrica com as características originais recebe todos os componentes do Sistema de Conversão e nova programação no módulo de ignição e injeção eletrônica, de maneira a otimizar o rendimento térmico do motor com qualquer dos combustíveis utilizados. A chave comutadora instalada no painel permite ao consumidor optar pelo combustível a ser utilizado, podendo inclusive ser acionada com o veículo em movimento. A medição da quantidade percentual de Gás Natural nos cilindros é feita no mesmo instrumento que indica a quantidade de combustível no tanque, alternando a medição entre o combustível líquido ou gasoso conforme a opção feita na chave comutadora.

O veículo pode ser adquirido somente sob encomenda e em concessionária autorizada da montadora, não havendo disponibilidade para pronta entrega ao consumidor final. Em valores de Outubro de 2003, o Volkswagen Santana 1.8 era oferecido com preço médio de R\$ 35.800,00 para o consumidor final sem Sistema de Conversão, e a instalação aumentava o preço do veículo em R\$ 3.100,00.

A Volkswagen do Brasil mantém as mesmas condições de garantia do Volkswagen Santana 1.8 - três anos e sem limite de distância percorrida para defeitos de fabricação e montagem em componentes internos de motor e transmissão, o que não ocorre quando o consumidor opta pela conversão em oficina independente.

A Tabela 6.7.4.1 apresenta os principais dados técnicos do Volkswagen Santana 1.8, e o desempenho das quatro combinações possíveis de utilização de combustível com Sistema de Conversão instalado, conforme informado pela Volkswagen do Brasil.

	Gasolina	Gasolina	Álcool	Álcool
	Gasolina	Gás Natural Veicular	Álcool	Gás Natural Veicular
Configuração do motor	Longitudinal com 4 cilindros em linha e 2 válvulas por cilindro			
Capacidade volumétrica	1.781 cm ³ (cilindro com diâmetro = 81,0 mm e curso = 86,4 mm)			
Taxa de compressão	9,9:1		13,1:1	
Injeção de Combustível	Multiponto seqüencial			
Injeção de Gás Natural	Módulo de controle, dois atuadores, aspirado com misturador (Geração 3)			
Seleção do combustível	Manual com chave comutadora no painel			
Capacidade de combustível	72 litros	15 m ³ por cilindro	72 litros	15 m ³ por cilindro
Capacidade do porta-malas	413 litros (sem cilindro) / 343 litros (com 1 cilindro de 15,0 m ³)			
Massa em ordem de marcha	1.161 kg (sem cilindro) / 1.251 kg (com 1 cilindro de 15,0 m ³)			
Potência máxima	90,0 cv	76,0 cv	96,0 cv	84,0 cv
Rotação de potência máxima	5.250 rpm	5.250 rpm	5.000 rpm	5.500 rpm
Torque máximo	14,9 kgf x m	12,1 kgf x m	15,9 kgf x m	13,6 kgf x m
Rotação de torque máximo	2.750 rpm	3.000 rpm	3.000 rpm	2.500 rpm
Velocidade máxima	171,0 km/h	165,0 km/h	178,0 km/h	171,0 km/h
Aceleração (0 a 100 km/h)	12,8 s	15,4 s	11,5 s	13,4 s
Consumo urbano (NBR 7024)	10,4 km/l	14,6 km/m ³	7,6 km/l	15,6 km/m ³
Consumo em estrada (NBR 7024)	13,3 km/l	22,0 km/m ³	9,8 km/l	20,0 km/m ³
Consumo médio (NBR 7024)	11,9 km/l	16,3 km/m ³	8,7 km/l	17,8 km/m ³
Autonomia urbana	748,8 km	219,0 km	547,2 km	234,0 km
Autonomia em estrada	957,6 km	330,0 km	705,6 km	300,0 km
Autonomia média	856,8 km	244,5 km	626,4 km	267,0 km

Tabela 6.7.4.1 - Dados técnicos do Volkswagen Santana 1.8 com Sistema de Conversão (Fonte: Volkswagen do Brasil Ltda., 2006)

A escolha da Volkswagen do Brasil pelo início da oferta de Sistema de Conversão no Volkswagen Santana 1.8 tinha o objetivo de atingir o público concentrado no segmento de frotistas e taxistas, em especial nas regiões com maior quantidade de postos com oferta de Gás Natural Veicular - Sudeste e Sul do Brasil. De acordo com

dados de vendas a varejo Volkswagen (2005), dos 4.355 Volkswagen Santana vendidos no ano de 2005, 2.440 veículos (56% do total) foram adquiridos por consumidores do segmento de frotistas e taxistas. Os veículos adquiridos para fins de uso nesse segmento normalmente percorrem grandes distâncias em curto período de tempo, fato que viabiliza a amortização do investimento no Sistema de Conversão e a redução de gastos com consumo de combustível.

Em Novembro de 2005, a Volkswagen do Brasil decidiu ampliar a linha de veículos com Sistemas de Conversão, mantendo características semelhantes à proposta originalmente oferecida para o Volkswagen Santana 1.8. À exceção da Volkswagen Kombi 1.6, todos os veículos oferecidos com Sistema de Conversão também possuem sistema denominado “Total Flex” ou bi-combustível, podendo utilizar Gasolina e / ou Álcool em qualquer proporção de mistura. A empresa do Grupo Volkswagen denominada Autovisão Brasil Ltda. foi responsável pelo desenvolvimento do projeto, em parceria com as empresas White Martins Gases Industriais Ltda. e BRC Gas Equipment Ltda.

A Tabela 6.7.4.2 apresenta os veículos oferecidos, a partir de Novembro de 2005, com Sistemas de Conversão e as principais características técnicas, conforme informado pela Volkswagen do Brasil (2005) e em Valor da Época.

Veículo e Combustível	Capacidade volumétrica (cm ³)	Capacidade do cilindro (m ³)	Consumo médio (NBR 7024) (km/ m ³)	Preço do Sistema de Conversão (R\$)
Gol 1.0 Total Flex	1.000	2 cilindros de 7,5 m ³	12,7	3.547,96
Gol 1.6 Total Flex	1.600	2 cilindros de 7,5 m ³	12,7	3.650,19
Gol 1.8 Total Flex	1.800	2 cilindros de 7,5 m ³	12,7	3.650,19
Polo 1.6 Hatch/Sedan	1.600	2 cilindros de 7,5 m ³	11,0	3.673,24
Parati 1.6 Total Flex	1.600	1 cilindro de 15,0 m ³	11,0	3.730,17
Parati 1.8 Total Flex	1.800	1 cilindro de 15,0 m ³	11,0	3.730,17
Saveiro 1.6 Total Flex	1.600	1 cilindro de 15,0 m ³	12,0	3.730,17
Saveiro 1.8 Total Flex	1.800	1 cilindro de 15,0 m ³	12,0	3.730,17
Kombi 1.6 Gasolina	1.600	1 cilindro de 25,0 m ³	10,0	4.213,58

Tabela 6.7.4.2 - Veículos Volkswagen do Brasil oferecidos com Sistemas de Conversão e principais características (Fonte: Volkswagen do Brasil Ltda., 2005).

6.8 Conclusões sobre aspectos mercadológicos do Gás Natural Veicular

Apesar da criação do PLANGÁS no final da década de 70, o mercado nacional de Gás Natural Veicular permaneceu praticamente estagnado até a autorização da sua utilização em qualquer veículo automotor e motor estacionário pelo Decreto nº 1787 de 12 de Janeiro de 1996. Após esse período, pode ser observado constante aumento da frota de veículos convertidos e do número de postos e oficinas de conversão.

Convém ressaltar que alguns conceitos amplamente divulgados no mercado a respeito das vantagens do uso de Gás Natural Veicular provêm da falta de conhecimentos técnicos dos consumidores, mas provavelmente serão os principais responsáveis pela continuidade do aumento da demanda no mercado nacional nos próximos anos. Entre esses conceitos, merecem destaque:

- Aumento da autonomia do veículo, uma vez que a instalação do Sistema de Conversão não implica na eliminação do sistema de combustível original. No aspecto termodinâmico, seria ideal a utilização de taxa de compressão adequada à combustão do Gás Natural - entre 15:1 e 16:1, maior que a média originalmente utilizada para os veículos movidos à Gasolina e / ou Álcool. Porém, devido aos efeitos da auto-ignição, a taxa de compressão ideal para o Gás Natural é inviável para a Gasolina e o Álcool. A disponibilidade nacional de postos de abastecimento e a aceitação do mercado são fatores que ainda impossibilitam a criação de veículos leves para utilização exclusiva de Gás Natural. Dessa forma, a atual viabilidade do Gás Natural Veicular consiste da adaptação com Sistema de Conversão e a permanência do sistema de combustível original. A falta de conhecimentos técnicos da grande maioria dos consumidores também é fator que praticamente anula a questão da utilização do Gás Natural Veicular abaixo do melhor rendimento térmico possível e da taxa ideal de compressão, não representando limitação para o mercado de conversão.

- A incerteza do consumidor frente à política de preços e de disponibilidade de combustíveis derivados de Petróleo e de Biomassa. Dentro desse contexto, o Gás Natural atualmente figura como uma das melhores alternativas ao uso dos

combustíveis convencionais em veículos leves. A instalação do Sistema de Conversão promove opção extra de combustível para o veículo, permanecendo a possibilidade de abastecimento e consumo do combustível líquido original, quando viável em termos econômicos e de disponibilidade.

- Prolongamento da vida útil do motor e sistema de escape, devido à baixa formação de resíduos de combustão e por redução da contaminação do óleo lubrificante. As perdas na relação peso-potência e na capacidade de carga provocada pela instalação do sistema, e a conseqüente redução da vida útil do sistema de suspensão do veículo não são normalmente considerados pelos consumidores, por se tratarem de aspectos de difícil percepção. A solução freqüentemente adotada pelas oficinas de conversão para compensar o aumento de massa suspensa do veículo é a substituição das molas originais do sistema de suspensão traseira por molas com coeficientes de rigidez (K_m) maiores. Vale ressaltar que essa substituição é normalmente realizada pelas oficinas de conversão sem consideração às alterações no comportamento dinâmico e no conforto de marcha do veículo.

- “Apelo ambiental” ao consumidor, baseado no conceito da redução na emissão de poluentes promovida pelo uso de combustível popularmente denominado “combustível limpo” e “ecologicamente correto”.

- Impossibilidade técnica de adulteração do Gás Natural Veicular, pois os postos de combustível são abastecidos diretamente da rede de gás canalizado de alta pressão da distribuidora. No caso da Gasolina e do Álcool, a prática de adulteração é recorrente no país, com a adição de substâncias como Água, solvente e outras impurezas.

Todos os fatores acima citados podem ser reordenados em três grandes grupos - Confiança, Investimentos e Crescimento de Mercado - gerando um Círculo Virtuoso de Crescimento do mercado nacional de Gás Natural Veicular, segundo Da Costa (2005):

A Figura 6.8.1 abaixo ilustra o referido Círculo Virtuoso de Crescimento.

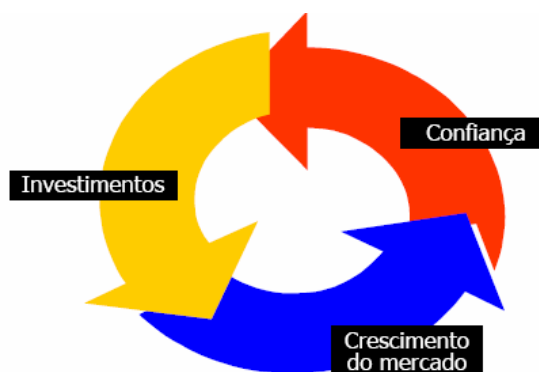


Fig. 6.8.1: Círculo Virtuoso de Crescimento do mercado nacional de Gás Natural Veicular (Fonte: Da Costa, 2005).

- A percepção ao aumento da frota de veículos convertidos, do número de oficinas de conversão e de postos de abastecimento com oferta de Gás Natural Veicular aumenta a Confiança do consumidor e a demanda por Sistemas de Conversão e pelo próprio combustível. A constante divulgação das vantagens do Gás Natural Veicular nos meios de comunicação também pode ser considerada como fator determinante no aumento da Confiança do consumidor.

- O aumento da demanda de mercado por Sistemas de Conversão e por Gás Natural Veicular fomenta, além do aumento dos Investimentos das empresas fornecedoras e distribuidoras do combustível, o aumento da produção de Sistemas de Conversão, do número de oficinas de conversão e de postos de abastecimento.

- O Crescimento de Mercado é resultado automático da soma dos fatores Confiança e Investimentos, completando o Círculo Virtuoso de Crescimento.

7 CONCLUSÕES

7.1 Conclusões sobre instalação original de fábrica de Sistema de Conversão

A partir das conclusões individuais efetuadas nos quatro contextos do trabalho, é possível estabelecer conclusões finais sobre a viabilidade da instalação original de fábrica de Sistemas de Conversão para uso de Gás Natural Veicular.

Embora as quatro maiores montadoras nacionais de veículos leves apresentem diversos programas de instalação original de fábrica de Sistemas de Conversão, nenhuma das propostas causou impacto expressivo nesse segmento de mercado. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2006), média mensal de 18.036 conversões foi realizada no mercado nacional em 2005, enquanto as montadoras nacionais participaram desse mercado na ordem de apenas centenas de unidades mensais. Alguns fatores podem ser apontados como responsáveis pela reduzida participação das montadoras, em relação às oficinas de conversão independentes e oficinas próprias de empresas fornecedoras de Sistemas de Conversão:

- A maioria das oficinas de conversão independentes está registrada na categoria de microempresa ou empresa de pequeno porte. De acordo com a Lei Federal nº 9.841/99, microempresa é a pessoa jurídica com receita bruta anual igual ou inferior a R\$ 433.755,14 e com faturamento anual de até R\$ 240.000,00; empresa de pequeno porte é a pessoa jurídica com receita bruta anual superior a R\$ 433.755,14 e inferior a R\$ 2.133.222,00, e com faturamento anual de até R\$ 2.400.000,00. Tal fato possibilita que essa categoria de oficinas de conversão disponha de benefícios tributários e fiscais em relação às montadoras, e conseqüente redução de custos operacionais.

- Devido à falta de conhecimento técnico da maioria dos consumidores, diversas oficinas oferecem Sistemas de Conversão de custo e características técnicas inferiores aos sistemas oferecidos pelas montadoras. A manutenção da garantia de fábrica do veículo arcada pelas montadoras também gera custos adicionais em relação às oficinas de conversão independentes.

- Elevada quantidade de oficinas de conversão independentes, em relação à quantidade de oficinas de conversão credenciadas pelas montadoras. A ampla divulgação realizada por essas oficinas, em relação à divulgação das montadoras, também pode ser apontada como influente na escolha da maioria dos consumidores pela primeira opção.

- Oficinas de conversão independentes praticam prazos de entrega de veículos convertidos menores que os prazos praticados pelas montadoras. Enquanto a conversão de um veículo é normalmente realizada em menos de um dia em oficinas independentes, nenhuma das montadoras nacionais oferece ao consumidor prazo semelhante ou sistema de pronta entrega de Sistema de Conversão.

No que tange às emissões veiculares, o ensaio realizado por Corrêa; Arbilla (2005) apresentado no Item 5.3 - Poluição gerada pelo uso de combustíveis alternativos em veículos leves - indica que o aumento dos níveis de Formaldeído na Cidade do Rio de Janeiro tem relação com o aumento do número de veículos com Sistema de Conversão. Em contrapartida, o Item 5.7 - Controle dos gases de escape em veículos leves (NBR 6601) - mostra que o ensaio de um veículo com Sistema de Conversão original da montadora atende aos limites máximos impostos pela Fase IV PROCONVE. As emissões de Formaldeído, Acetaldeído, Monóxido e Dióxido de Carbono desse ensaio até mesmo alcançam níveis inferiores com Gás Natural em relação aos alcançados durante o uso de Gasolina ou Álcool. A comparação dos ensaios confirma que a qualidade das emissões em veículos com Sistema de Conversão está diretamente associada às características técnicas da conversão.

7.2 Sugestões do autor

Apesar das vantagens citadas para oficinas de conversão independentes e filiais de empresas fornecedoras de Sistemas de Conversão, as montadoras possuem ainda diversas vantagens em relação às duas primeiras categorias de empresa. Desde que devidamente exploradas, tais vantagens poderiam aumentar a participação das montadoras no mercado nacional de conversão, oferecendo oportunidade de exploração e conquista de um nicho de mercado notadamente promissor na atualidade:

- Manutenção da garantia do veículo convertido na montadora ou em oficina de conversão credenciada. O consumidor obtém a vantagem de adquirir um veículo novo com Sistema de Conversão e garantia de fábrica, que é anulada quando a conversão é feita em oficina independente.

- Capacidade de atendimento de elevadas demandas de veículos com Sistema de Conversão. As vendas para os segmentos de governo e frotistas têm como característica a aquisição de grandes lotes de veículos, o que dificulta a exploração desse mercado por grande parte das oficinas de conversão independentes. As montadoras possuem maior capacidade técnica e financeira de atendimento de elevadas demandas de veículos com Sistema de Conversão, além de oferecerem manutenção da garantia de fábrica em todo o lote de veículos.

- Confiança do consumidor que adquire o veículo com Sistema de Conversão original de fábrica, em relação à conversão realizada em oficinas independentes. Em situação hipotética de igualdade de condições de oferta do veículo entre montadora e oficina independente, é razoável supor que grande parte dos consumidores - se não, a maioria absoluta - optaria pelo veículo com Sistema de Conversão original de fábrica.

- Maior capacidade de realização de parcerias com fornecedores de Sistemas de Conversão, em relação às oficinas de conversão. Tal fato possibilita vantagens econômicas - aquisição de maiores lotes com custos reduzidos e de acordo com a demanda de mercado, e desenvolvimento de tecnologia customizada entre fornecedores e montadoras nos veículos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2004. **Boletins Anuais de Reservas ANP/SDP**. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 07 de set. 2005.
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2006. **Boletim Mensal do Gás Natural**.
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2006. **Levantamento de preços**.
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2006. **Lista de concessionários ativos (exploração, desenvolvimento e produção)**. Disponível em: <<http://www.brasil-rounds.gov.br>>. Acesso em: 26 de mar. 2006.
2. CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. São Paulo, 2005. **Emissões Proconve**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 07 de set. 2005.
3. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. São Paulo, 2004. **Resolução nº 354 de 13 de Dezembro de 2004**. Disponível em: <www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 28 de maio 2006.
4. CORRÊA, S. M.; ARBILLA, G. **Formaldehyde and acetaldehyde associated with the use of natural gas as a fuel for light vehicles**. Atmospheric Environment, n.39, p. 4513–4518, Rio de Janeiro, 2005.
5. DA COSTA, S. G. **Perspectivas e Condicionantes do Desenvolvimento do GNV no Brasil**. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2005.
6. DE NEVERS, N. **Air Pollution Control Engineering**. Utah: McGraw-Hill Higher Education, 2000. p. 471-506.

7. FERNANDES, E. S. L. **Mecanismo de Regulação Tarifária na Indústria de Gás Natural: O Caso do Gasoduto Brasil-Bolívia**. 2000. 181 p. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
8. **FIAT AUTOMÓVEIS S/A**. Brasil, 2003. **Ficha Técnica: Fiat Siena 1.8**. Disponível em: <www.fiat.com.br>. Acesso em: 07 de abr. 2006.
9. **FORD MOTORS COMPANY LTDA**. Brasil, 2006. **Ficha Técnica: Ford Ranger 2.3 L**. Disponível em: <www.ford.com.br>. Acesso em: 04 de fev. 2006.
10. GALLUN, R. A.; STEVENSON, J. W.; NICHOLS, L. M. **Fundamentals of Oil & Gas Accounting**. 3 ed. Oklahoma: PennWell Publishing Company, 2003.
11. GASNET. SITE DO GÁS NATURAL. Brasil, 2005. **Postos de GNV**. Disponível em: <www.gasnet.com.br>. Acesso em: 12 de jan. 2006.
12. **GENERAL MOTORS DO BRASIL S/A**. Brasil, 2004. **Dados técnicos: Astra Sedan Multipower**. Disponível em: <www.gm.com.br>. Acesso em: 25 de ago. 2004.
13. HEYWOOD, J. B. - **Internal Combustion Engines Fundamentals**. New York. Ed. McGraw-Hill, 1988. 930 p.
14. IANGV. INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR NATURAL GAS VEHICLES. Auckland, 2006. **International Statistics**. Disponível em: <www.iangv.org>. Acesso em: 22 de abr. 2006.
15. IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Brasília, 2006. **Tabela CAGN - 17/01/2006**. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 05 de ago. 2006.
16. IBP. INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Rio de Janeiro, 2006. **Estatística GNV. Raio X do Setor**. Disponível em: <www.ibp.org.br>. Acesso em: 25 de jul. 2006.

17. INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Rio de Janeiro, 2005. **Listagem de Instaladores Registrados - GNV**. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/infotec/oficinas/listagem.asp>. Acesso em: 12 de jan. 2006.
18. LORA, E. E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002.
19. LUTGENS, F. K.; TARBUCK, E. J. **The Atmosphere - An Introduction to Meteorology**. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. p. 303-318.
20. MAGNETI MARELLI CONTROLE MOTOR LTDA. Brasil, 2006. **Flexible Technologies**. Disponível em: <www.magnetimarelli.com.br>. Acesso em: 29 de jul. 2006.
21. O&GJ. OIL & GAS JOURNAL. **Oil & Gas Journal Articles**. Houston, 2005. Disponível em: <www.ogj.pennnet.com>. Acesso em: 14 de nov. 2005.
22. PELLIZA, G. **Análise de Veículos Convertidos para o uso do Combustível Gás Natural**. 2003. 123p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
23. PETROBRAS. PETRÓLEO BRASILEIRO S/A Rio de Janeiro, 2005. **Portal Gasenergia: Sobre o Gás Natural**. Disponível em: <www.petrobras.com.br>. Acesso em: 15 de nov. 2005.
24. PROCONVE. PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES. São Paulo, 2005. **Emissões Proconve**. Disponível em: <www.ibama.gov.br/proconve>. Acesso em: 20 de set. 2005.
25. RENAVAL. REGISTRO NACIONAL DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. São Paulo. 2005. **Relatório Interno do Departamento de Vendas & Marketing - Volkswagen do Brasil**. Não publicado.

26. SILVA, L. L. C. **Modelagem da Formação e Emissão de Hidrocarbonetos em Motores a Gás**. 1999. 124 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo, 1999.
27. VENDAS A VAREJO VOLKSWAGEN. São Bernardo do Campo, 2005.
Relatório Interno do Departamento de Vendas & Marketing - Volkswagen do Brasil Ltda. Não publicado.
28. VILLANUEVA, L. Z. D. **Uso de Gás Natural em Veículos Leves e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no contexto brasileiro**. 2002. 166p. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
29. **VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA.** Brasil, 2006. **Ficha Técnica: Santana 1.8 Gasolina, 1.8 Álcool, 1.8 Gasolina e Gás Natural, 1.8 Álcool e Gás Natural.** Disponível em: <www.vw.com.br>. Acesso em: 07 de abr. 2006.
30. WARK, K.; WARNER, C. F.; DAVIS, W. T. **Air Pollution: its origin and control**. 3.ed. Los Angeles: Addison Wesley Longman, 1998.
31. **WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS LTDA.** Brasil, 2005. **Produtos e Serviços.** Disponível em: <www.whitemartins.com.br>. Acesso em: 30 de jul. 2006.
32. YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)