

**RODRIGO HENRIQUE PAVANI**

**ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DO GÁS NATURAL EM  
VEÍCULOS DE PASSEIO**

**São Caetano do Sul**

**2012**

**RODRIGO HENRIQUE PAVANI**

**ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DO GÁS NATURAL EM  
VEÍCULOS DE PASSEIO**

Monografia apresentada ao curso de Pós Graduação em Engenharia Automotiva, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Mauro Andreassa

**São Caetano do Sul**

**2012**

Pavani , Rodrigo Henrique

Análise das Vantagens e Desvantagens no uso do Gás Natural em Veículos de Passeio/Rodrigo Henrique Pavani. São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2012.  
88p.

Monografia — Especialização em Engenharia Automotiva. Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.

Orientador: Prof. Mauro Andreassa

I. Pavani, Rodrigo Henrique II. Instituto Mauá de Tecnologia III. Pós Graduação IV. Especialização em Engenharia Automobilística V. Análise das Vantagens e Desvantagens no uso do Gás Natural em Veículos de Passeio.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Formas de Associação do gás natural .....	17
Figura 2 – Faixas das reservas do Pré-Sal .....	29
Figura 3 – Poços encontrados no Pré-Sal e suas respectivas profundidades.....	30
Figura 4 – Componentes principais de um sistema de conversão de 3º geração .....	46
Figura 5 – Sistema de injeção de gás natural com galeria de injetores sequenciais.....	51
Figura 6 – Kit completo de conversão de 5º geração.....	53
Figura 7 – Emissões e consumo de combustível de motor convencional ciclo Otto de combustão interna.....	70
Figura 8 – Mecanismo de formação dos poluentes NOx, CO e HC em um motor ciclo Otto a quatro tempos .....	73
Figura 9 – Comparação por tipo de combustível das frotas inspecionadas em 2010 e 2011 ...	74
Figura 10 – Equação de combustão do Metano.....	80
Figura 11 – Equipamento de análise de combustão .....	82

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Reserva para produção (R/P) e distribuição das reservas provadas de petróleo por região .....	20
Gráfico 2 – Reserva para produção (R/P) e distribuição das reservas provadas de gás natural por região .....	23
Gráfico 3 – Evolução das reservas provadas de gás natural.....	26
Gráfico 4 – Distribuição das reservas provadas de gás natural por unidades da Federação ....	26
Gráfico 5 – Evolução do balanço do gás natural no Brasil 2000-2011 .....	27
Gráfico 6 – Composição da oferta de gás natural – Jan/00 a Maio/11.....	28
Gráfico 7 – Limites de emissões até a fase PROCONVE L6.....	67
Gráfico 8 – Médias de emissões de CO em marcha lenta de veículos leves.....	75
Gráfico 9 – Médias de emissões de HC em marcha lenta de veículos leves .....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do Gás Natural .....	16
Tabela 2 – Reservas provadas de petróleo .....	19
Tabela 3 – Reservas provadas de gás e petróleo .....	21
Tabela 4 – Reservas provadas de gás natural .....	22
Tabela 5 – Dados dos principais mercados mundiais de GNV .....	33
Tabela 6 – Evolução da frota brasileira de GNV.....	34
Tabela 7 – Participação dos Estados nas conversões de GNV – 1º semestre de 2010 .....	34
Tabela 8 – Descritivo dos kits de conversão conforme a geração.....	40
Tabela 9 – Empresas e sistemas de conversão detentores de CAGN no Brasil .....	43
Tabela 10 – Preço médio da gasolina C ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 .....	56
Tabela 11 – Preço médio do etanol hidratado ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 .....	57
Tabela 12 – Preço médio do GNV ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 .....	58
Tabela 13 – Estimativa de custo para cada tipo de combustível .....	60
Tabela 14 – Fatores médios de emissão de veículos leves novos .....	64
Tabela 15 – Limites máximos de emissão de poluentes para veículos automotores leves de passageiro .....	67
Tabela 16 – Limites máximos de poluentes para veículos leves comerciais e com massa de referência menor que 1700 kg .....	68
Tabela 17 – Redução de emissões de poluentes com uso de GNV em relação à gasolina e etanol .....	74
Tabela 18 – Mapa de avanço típico de um motor movido a GNV .....	83

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores  
ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis  
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  
ECU - Electronic Control Unit  
EGR - Exhaust Gas Recirculation  
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  
IPVA - Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores  
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  
OPEC - 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  
RENAVAM - Registro Nacional de Veículos Automotores  
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	11
1.1 Tema e Delimitação do Tema.....	12
1.2 Formulação do Problema.....	12
1.3 Hipóteses de Estudo .....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.5 Justificativa do Tema.....	13
1.6 Referencial Teórico ou Teoria de Base .....	13
1.7 O Gás Natural Veicular e os sistemas do motor.....	14
<b>2 HISTÓRICO DO GÁS NATURAL .....</b>	15
2.1 Características do Gás Natural .....	15
2.2 Disponibilidade de Combustíveis Fósseis no Mundo .....	17
2.3 Produção e Reservas de Gás Natural .....	21
2.4 Histórico do Gás Natural no Brasil.....	24
2.5 Pré-Sal .....	29
<b>3 GÁS NATURAL VEICULAR NO BRASIL .....</b>	31
3.1 Política Nacional da Comercialização de Gás Natural Veicular .....	35
<b>4 SISTEMAS DE CONVERSÃO.....</b>	37
4.1 Sistemas de Conversão com CAGN .....	40
4.2 Sistemas de Conversão de 3º e 5º Geração .....	45
4.3 Considerações sobre os Sistemas de Conversão .....	51
<b>5 ASPECTOS ECONÔMICOS.....</b>	55
5.1 Amortização de Investimento do Sistema de Conversão .....	59
<b>6 ASPECTOS AMBIENTAIS .....</b>	62
6.1 Programa de Controle de Poluição do Ar .....	64
6.2 Poluição Gerada por veículos leves ciclo Otto.....	70
<b>7 DESEMPENHO DO MOTOR A GNV .....</b>	78
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	85

## RESUMO

A utilização de combustíveis alternativos na alimentação de motores de combustão interna é uma prática antiga. Na França por volta do ano de 1801, uma patente foi requerida para mistura de gases equivalentes ao gasogênio para alimentar um motor. Na década de 20 motores movidos a gás natural já funcionavam no norte da Itália. Em 1935, na Alemanha, surgiu o primeiro veículo alimentado com gás.

O gás natural surgiu como atividade econômica no cenário mundial no início do século XX, desenvolvendo-se de forma irregular nas diversas regiões do mundo. Investimentos na construção de gasodutos na Europa, América do Norte e grandes descobertas na América do Sul evidenciaram a importância do gás natural. As constantes altas nos preços dos combustíveis fósseis e a questão ambiental cada vez mais preocupante em todo o globo terrestre também impulsionaram a demanda por um combustível de baixo impacto ambiental. Neste cenário, o gás natural tornou-se uma valiosa alternativa aos combustíveis que já conhecemos.

**Palavras-chave:** Gás Natural Veicular; GNV; Vantagens e Desvantagens do uso de GNV.

## **ABSTRACT**

The use of alternative fuels for feeding internal combustion engines is an ancient practice. In France around the year 1801, a patent was applied for mixing gases equivalent to the syngas to power an engine. In the 20's engines powered by natural gas already worked in northern of Italy. In 1935 in Germany emerged the first vehicle powered by natural gas.

The natural gas has emerged as an economic activity on the world stage in the early twentieth century, being developed unevenly in different regions of the world. Investments in the construction of gas pipelines in Europe, North America and major discoveries in South America showed the importance of natural gas. The constant increases in fossil fuel prices and the environmental issue of growing concern across the globe also boosted demand for a fuel with low environmental impact. In this scenario, natural gas has become a valuable alternative fuels we already know.

Keywords: Natural Gas Vehicle; NGV; Advantages and Disadvantages of NGV

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, temos observado o crescimento acentuado da frota mundial de veículos. A possibilidade cada vez mais concreta da escassez das reservas mundiais de combustíveis fósseis e o aumento dos problemas climáticos forçaram a procura por combustíveis alternativos. Neste contexto, o gás natural surgiu como uma alternativa interessante aos combustíveis já existentes (gasolina, diesel e álcool). Composto predominantemente por metano, descobertas recentes de novas reservas, inclusive no Brasil, tem aumentado sua disponibilidade no mercado mundial. Nesse sentido o uso do gás natural veicular (GNV) vem crescendo ano após ano em todo o mundo. (BARBOSA, 1997).

No Brasil o uso do GNV começou por volta de 1991 com a portaria do Ministério da Infra-estrutura liberando o uso de GNV para táxis. Depois desse período foi liberada a conversão de veículos de uso particular em oficinas credenciadas pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Essa nova resolução possibilitou ao usuário comum optar pela conversão e receber um incentivo do governo estadual no tocante a redução do valor do IPVA (Imposto Propriedade Veículos Automotores). Esses consumidores que optaram pelo uso do GNV, focaram na economia de combustível não se preocupando com a diminuição no desempenho do motor causado pela inadequada razão de compressão que limita sua eficiência volumétrica. Nesse período foram desenvolvidos kits de conversão de última geração, possibilitando um aumento no desempenho, diminuição nos índices de poluentes e melhora no consumo de combustível.

Sabe-se que o GNV é prejudicial aos componentes do motor mais precisamente nas sedes das válvulas e o sistema de ignição (velas e bobina de ignição). Hoje, com várias matérias primas disponíveis no mercado, novos componentes são utilizados para aumentar a durabilidade do conjunto.

Analizando os aspectos econômicos, políticos, técnicos e climáticos ainda há muito que se discutir e analisar quanto ao uso do GNV como combustível alternativo.

## **1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA**

Análise das vantagens e desvantagens no uso do gás natural em veículos de passeio.

## **1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O estudo comparativo do uso do gás natural veicular poderá contribuir para a análise de fator de decisão do consumidor?

## **1.3 HIPÓTESE DE ESTUDO**

Podemos concluir que fatores econômicos e novas descobertas de reservas de gás natural fizeram com que ele se tornasse uma alternativa aos combustíveis existentes. A flutuação nos preços dos combustíveis criou uma insatisfação nos consumidores que em busca de redução de custos optaram por converter ou comprar um carro movido a GNV. Mas, a desinformação dos consumidores ao uso do GNV como substituto dos combustíveis atuais pode atrasar seu completo desenvolvimento. Os órgãos governamentais e empresas ligadas a área de gás tem buscado melhorar as informações referentes ao uso do GNV. Hoje em dia, vários sites do governo, empresas privadas ou mesmo fóruns, discutem o assunto e tentam informar melhor o consumidor quanto ao funcionamento e o custo do GNV como combustível alternativo.

## **1.4 OBJETIVO**

Este trabalho enfocará no entendimento das vantagens e desvantagens no uso do gás natural veicular como substituto aos combustíveis fósseis existentes. Isso irá contribuir como fator de decisão para se converter um veículo para GNV ou manter suas características originais. O aumento da preocupação com questões ambientais trouxe ao cenário mundial a busca por um combustível alternativo que pudesse substituir com qualidade os combustíveis já existentes. Nesse cenário, o gás natural aparece como uma alternativa promissora.

## **1.5 JUSTIFICATIVA DO TEMA**

A análise das vantagens e desvantagens do uso de GNV veicular é de grande relevância, pois a crescente demanda por combustíveis fósseis no mundo e a possibilidade de escassez desses combustíveis fez com que a matriz energética de muitos países mudasse. A questão ambiental e o fator econômico colocou o gás natural como alternativa importante aos combustíveis existentes. No Brasil, as oscilações nos preços dos combustíveis por diversos fatores e novas descobertas de reservas pelo país fez com que a procura pelo gás aumentasse.

## **1.6 REFERENCIAL TEÓRICO OU TEORIA DE BASE**

Realizar uma análise das literaturas existentes e informações disponíveis nos órgãos relacionados ao gás natural de forma a entender as vantagens e desvantagens no uso do gás natural veicular. Com isso, pretende-se mostrar a participação do GNV no mercado mundial de combustíveis.

Valiante (2006, p.1), demonstra o surgimento do gás natural como um combustível alternativo promissor:

[...] 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.

## 1.7 O GÁS NATURAL VEICULAR E OS SISTEMAS DO MOTOR

É de conhecimento que a aplicação do gás natural em motores de combustão interna traz problemas relacionados a durabilidade de componentes do motor. Os itens que mais sofrem impacto no momento de uma conversão, são os sistemas de exaustão e de ignição. As conversões irregulares ou com baixa qualidade técnica podem intensificar os problemas causados ao motor e seus componentes.

Para qualquer equipamento, deve-se seguir uma rotina de manutenção preventiva a fim de assegurar que todo o sistema esteja em perfeito funcionamento. Essas manutenções devem ser feitas por pessoal qualificado e cerificado pelo INMETRO. A lista de revisões fornecida pelo fabricante deve ser seguida.

Um dos problemas citados anteriormente quanto ao uso do GNV é o desgaste acentuado das sedes de válvulas, provocando seu afundamento e comprometendo o funcionamento do motor. Em casos extremos, a válvula pode permanecer aberta ocasionando o choque entre válvula e pistão. Esse problema também pode ser verificado quando usamos etanol e um dos motivos para essa ocorrência é a falta de lubricidade do combustível queimado.

Por ser um gás o GNV não possui um bom fator de lubricidade, fato que prejudica o resfriamento da sede e das válvulas do cabeçote durante a admissão da mistura, causando o problema de desgaste. Para solucionar esse problema deve-se desenvolver um pacote de sede e válvulas que suportem o uso do GNV, porém, para motores convertidos é mais difícil fazer essa mudança. O uso de gasolina por alguns minutos nos veículos convertidos e durante seu funcionamento frio diminui a incidência do desgaste. A gasolina tem um poder de lubricidade maior que o gás e durante a admissão resfria as válvulas e as sedes.

O sistema de ignição também sofre desgaste com o uso do GNV. Devido a mistura mais pobre e por ser um gás, a centelha necessita de uma tensão maior para romper o dielétrico e inflamar a mistura. A tensão maior pode ocasionar o “flash over” na vela de ignição ou sobrecarregar bobina. A recomendação é que se troque as velas na metade de sua vida útil, ou mude para um modelo de maior durabilidade e eficiência de ignibilidade como as de Iridium e Platina evitando o fenômeno de “back fire” (queima do combustível dentro do coletor e filtro de ar).

## 2 HISTÓRICO DO GÁS NATURAL

Registros antigos mostram que o gás natural foi descoberto no Irã entre 6000 e 2000 AC e que na Pérsia, utilizavam o combustível para manter aceso o “fogo eterno”, símbolo de adoração das seitas locais. Em 900 AC o gás natural (GN) já era conhecido na China e somente em 211 A.C que o país começou a extraír a matéria-prima com o objetivo de secar pedras de sal. Os chineses usavam as varas de bambus para retirar o GN dos poços com profundidade de aproximadamente 1000 metros (PORTAL gasNATURAL).

Já na Europa, o gás natural só foi descoberto por volta de 1659, não despertando interesse nos consumidores já que o gás resultante do carvão carbonizado “town gas” tinha uma grande aceitação, sendo o primeiro combustível usado na iluminação de casas e ruas em 1790. Nos Estados Unidos, o primeiro gasoduto para fins comerciais entrou em operação na cidade de Fredonia, em Nova York, no ano de 1821, fornecendo energia para a população na iluminação pública e na preparação de alimentos.

O gás natural só passou a ser mais utilizado em larga escala na Europa no final do século XIX, quando da invenção do queimador de Bunsen (por Robert Bunsen) em 1885 que misturava o ar com o gás natural e de um gasoduto à prova de vazamentos em 1890. Apesar de tudo, nessa época a técnica era desconhecida e os gasodutos só tinham alguns quilômetros, impedindo que o transporte de gás em grandes volumes fosse a longas distâncias. Essas dificuldades impediram que o GN participasse do desenvolvimento industrial dominado pelo carvão e óleo.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DO GÁS NATURAL

Segundo BARBOSA (1997), o gás natural é uma mistura de diversos gases sendo o seu principal componente o metano ( $\text{CH}_4$ ) em concentrações que variam de 85% a 98% em volume. O gás natural possui outros hidrocarbonetos em menor proporção como etano, propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) e butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Podem ser encontradas também pequenas proporções de gases inertes como hidrogênio, nitrogênio e dióxido de carbono, compostos de enxofre e água, permanecendo no estado gasoso nas CNTP – Condições Normais de Temperatura e Pressão.

A Tabela 1, publicada pelo site GASNET (2007) mostra a composição típica do gás natural em várias regiões do mundo, inclusive no Brasil.

Tabela 1 – Composição do Gás Natural (Fonte: GASNET, 2007).

País / Campo	COMPOSIÇÃO EM % VOLUME						Densidade	Poder Calorífico Superior (MJ / Nm <sup>3</sup> )
	Metano CH <sub>4</sub>	Etano C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> e Maiores	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
USA/Panh.	81,8	5,6	3,4	2,2	0,1	6,9	-	42,7
USA/Ashlaw	75,0	24,0	-	-	-	1,0	-	46,7
Canadá	88,5	4,3	1,8	1,8	0,6	2,6	-	43,4
Rússia	97,8	0,5	0,2	0,1	0,1	1,3	-	39,6
Austrália	76,0	4,0	1,0	1,0	16,0	2,0	-	35,0
França	69,2	3,3	1,0	1,1	9,6	0,6	-	36,8
Alemanha	74,0	0,6	-	-	17,8	7,5	-	29,9
Holanda	81,2	2,9	0,4	0,2	0,9	14,4	0,640	31,4
Pérsia	66,0	14,0	10,5	7,0	1,5	1,0	0,870	52,3
Mar do Norte	94,7	3,0	0,5	0,4	0,1	1,3	0,590	38,6
Argélia	76,0	8,0	3,3	4,4	1,9	6,4	-	46,2
Venezuela	78,1	9,9	5,5	4,9	0,4	1,2	0,702	47,7
Argentina	95,0	4,0	-	-	-	1,0	0,578	40,7
Bolívia	90,8	6,1	1,2	0,0	0,5	1,5	0,607	38,8
Chile	90,0	6,6	2,1	0,8	-	-	0,640	45,2
<b>Brasil</b>								
Rio de Janeiro	89,44	6,7	2,26	0,46	0,34	0,8	0,623	40,22
Bahia	88,56	9,17	0,42	-	0,65	1,2	0,615	39,25
Alagoas	76,9	10,1	5,8	1,67	1,15	2,02	-	47,7
Rio Grande do Norte	83,48	11	0,41	-	1,95	3,16	0,644	38,54
Espírito Santo	84,8	8,9	3,0	0,9	0,3	1,58	0,664	45,4
Ceará	76,05	8,0	7,0	4,3	1,08	1,53	-	52,4

O gás metano possui uma estrutura molecular bem simples e estável em comparação com a gasolina e óleo diesel. Isto significa que essa estabilidade estrutural cria maior dificuldade de oxidação, baixa reatividade fotoquímica e alto índice de octanas, necessitando de altas energias de ignição para realizar a combustão. A baixa reatividade fotoquímica, por sua vez, expressa a dificuldade de degradação das moléculas de metano, pela ação da luz solar.

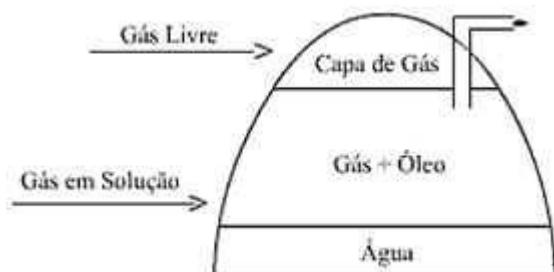
O gás natural pode ser encontrado em rochas porosas no subsolo terrestre ou marítimo associado ao petróleo ou não. Ele é o resultado da decomposição de materiais orgânicos oriundos da ação de micro-organismos, essa degradação se deu fora do contato do ar, a

grandes temperaturas e sob fortes pressões. Na perfuração de um poço quando o gás natural é extraído junto do petróleo ele é chamado de gás associado.

Segundo VALIENTE (2006) 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 o gás natural. O Gás Natural não associado é o 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 a 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. No Brasil, a maior reserva de GN são do tipo associado ao petróleo. A Figura 1 mostra as duas possibilidades de associação do gás natural.

Associado



Não Associado

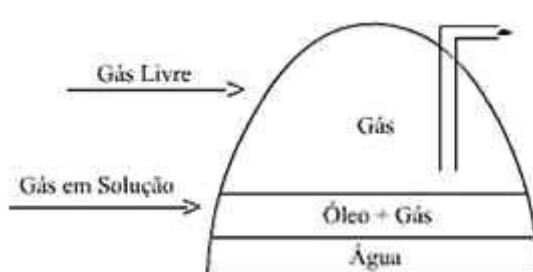


Figura 1 – Formas de associação do gás natural (Fonte: PETROBRAS, 2005).

## 2.2 DISPONIBILIDADE DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NO MUNDO

Segundo um relatório da BP (British Petroleum) uma das maiores companhias de gás e óleo do mundo os combustíveis fósseis continuam dominando o consumo de energia do planeta, com um mercado de cerca de 87%. A energia renovável continua crescendo, mas, hoje com um consumo global de somente 2%. No entanto, os combustíveis fósseis estão mudando

também. O óleo, ainda lidera o consumo, porém tem perdido mercado nos últimos 12 anos. O carvão mais uma vez mostrou um crescimento mais rápido com uma consequência nas emissões de carbono. A maior parte do crescimento ocorreu em países emergentes, China sozinha com 71% do crescimento do consumo global de energia. O consumo nos países da OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) declinou, liderado principalmente pelo Japão, em termos de volume o maior declínio mundial. Os dados também sugerem um crescimento global nas emissões de CO<sub>2</sub> em 2011, porém menor que o valor de 2010.

De acordo com o relatório “BP Statistical Review of World Energy” (06/2012) o consumo de energia primária cresceu 2,5% em 2011. Nos países membros da OECD houve um decréscimo de 0,8%, o terceiro declínio nos últimos quatro anos. O crescimento fora dos países membros da OECD foi de 5,3%. O consumo global desacelerou em 2011 para todos os combustíveis. O petróleo ainda é o mais utilizado com 33,1% da energia consumida, mas, como foi mencionado acima, ele continua perdendo mercado pelo 12º ano consecutivo, esse dado é o menor desde quando começou essa pesquisa em 1965.

Atualmente, as reservas provadas de petróleo no mundo estão estimadas em  $1,652 \times 10^{12}$  de barris, suficiente para alcançar 54,2 anos de produção global, essas reservas podem atender a demanda mundial apenas até o ano de 2025. A produção de petróleo se divide geograficamente de maneira não uniforme, pois 48,1% das reservas comprovadas se localizam nos onze países produtores de petróleo membros da OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries): Argélia, Indonésia, Irã, Iraque, Catar, Kwait, Líbia, Venezuela, Nigéria, Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos. O restante das reservas comprovadas se dividem em América do Norte (13,2%), América do Sul e Central (19,7%) neste caso, com o aumento contínuo nas reservas da Venezuela e que sozinha possue (17,9%) das reservas comprovadas na América do Sul e Central e o Brasil com (0,9%) propiciou o aumento no valor de R/P (Reserves to Production Ratio) para acima de 100 anos nessa região. A Europa e Eurásia com (8,5%) seguida de África com (8,0%) e finalmente Ásia Pacífico com (2,5%). Abaixo a Tabela 2 com as reservas provadas por cada região do mundo. A produção global de petróleo cresceu 1,1 milhões de barris por dia em 2011.

Tabela 02 – Reservas provadas de petróleo (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2012).



Proved reserves

	At end 1991 Thousand million barrels	At end 2001 Thousand million barrels	At end 2010 Thousand million barrels	At end 2011		
				Thousand tonnes	Thousand million barrels	Share of total
US	32.1	30.4	30.9	3.7	30.9	1.9%
Canada	40.1	180.9	175.2	28.2	175.2	10.6%
Mexico	50.9	18.8	11.7	1.6	11.4	0.7%
<b>Total North America</b>	<b>123.2</b>	<b>230.1</b>	<b>217.8</b>	<b>33.5</b>	<b>217.5</b>	<b>13.2%</b>
Argentina	1.7	2.9	2.5	0.3	2.5	0.2%
Brazil	4.8	8.5	14.2	2.2	15.1	0.9%
Colombia	1.9	1.8	1.9	0.3	2.0	0.1%
Ecuador	1.5	4.6	6.2	0.9	6.2	0.4%
Peru	0.8	1.0	1.2	0.2	1.2	0.1%
Trinidad & Tobago	0.6	1.0	0.8	0.1	0.8	0.1%
Venezuela	62.6	77.7	296.5	46.3	296.5	17.9%
Other S. & Cent. America	0.6	1.4	1.3	0.2	1.1	0.1%
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>74.6</b>	<b>98.8</b>	<b>324.7</b>	<b>50.5</b>	<b>325.4</b>	<b>19.7%</b>
Azerbaijan	n/a	1.2	7.0	1.0	7.0	0.4%
Denmark	0.6	1.3	0.9	0.1	0.8	•
Italy	0.8	0.8	1.4	0.2	1.4	0.1%
Kazakhstan	n/a	5.4	30.0	3.9	30.0	1.8%
Norway	8.8	11.6	6.8	0.8	6.9	0.4%
Romania	1.5	1.2	0.6	0.1	0.6	•
Russian Federation	n/a	73.0	86.6	12.1	88.2	5.3%
Turkmenistan	n/a	0.5	0.6	0.1	0.6	•
United Kingdom	4.2	4.5	2.8	0.4	2.8	0.2%
Uzbekistan	n/a	0.6	0.6	0.1	0.6	•
Other Europe & Eurasia	60.9	2.2	2.2	0.3	2.2	0.1%
<b>Total Europe &amp; Eurasia</b>	<b>76.8</b>	<b>102.4</b>	<b>139.5</b>	<b>19.0</b>	<b>141.1</b>	<b>8.5%</b>
Iran	92.9	99.1	151.2	20.8	151.2	9.1%
Iraq	100.0	115.0	115.0	19.3	143.1	8.7%
Kuwait	96.5	96.5	101.5	14.0	101.5	6.1%
Oman	4.3	5.9	5.5	0.7	5.5	0.3%
Qatar	3.0	16.8	24.7	3.2	24.7	1.5%
Saudi Arabia	260.9	262.7	264.5	36.5	265.4	16.1%
Syria	3.0	2.3	2.5	0.3	2.5	0.2%
United Arab Emirates	98.1	97.8	97.8	13.0	97.8	5.9%
Yemen	2.0	2.4	2.7	0.3	2.7	0.2%
Other Middle East	0.1	0.1	0.3	0.1	0.7	•
<b>Total Middle East</b>	<b>660.8</b>	<b>698.7</b>	<b>765.6</b>	<b>108.2</b>	<b>795.0</b>	<b>48.1%</b>
Algeria	9.2	11.3	12.2	1.5	12.2	0.7%
Angola	1.4	6.5	13.5	1.8	13.5	0.8%
Chad		0.9	1.5	0.2	1.5	0.1%
Republic of Congo (Brazzaville)	0.7	1.6	1.9	0.3	1.9	0.1%
Egypt	3.5	3.7	4.5	0.6	4.3	0.3%
Equatorial Guinea	0.3	1.1	1.7	0.2	1.7	0.1%
Gabon	0.9	2.4	3.7	0.5	3.7	0.2%
Libya	22.8	36.0	47.1	6.1	47.1	2.9%
Nigeria	20.0	31.5	37.2	5.0	37.2	2.3%
Sudan & South Sudan	0.3	0.7	6.7	0.9	6.7	0.4%
Tunisia	0.4	0.5	0.4	0.1	0.4	•
Other Africa	0.8	0.6	2.3	0.3	2.2	0.1%
<b>Total Africa</b>	<b>60.4</b>	<b>96.8</b>	<b>132.7</b>	<b>17.6</b>	<b>132.4</b>	<b>8.0%</b>
Australia	3.2	5.0	3.8	0.4	3.9	0.2%
Brunei	1.1	1.2	1.1	0.1	1.1	0.1%
China	15.5	15.4	14.8	2.0	14.7	0.9%
India	6.1	5.5	5.8	0.8	5.7	0.3%
Indonesia	5.9	5.1	4.2	0.6	4.0	0.2%
Malaysia	3.7	4.5	5.9	0.8	5.9	0.4%
Thailand	0.2	0.6	0.4	0.1	0.4	•
Vietnam	0.2	2.2	4.4	0.6	4.4	0.3%
Other Asia Pacific	0.9	1.1	1.2	0.1	1.1	0.1%
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>37.0</b>	<b>40.5</b>	<b>41.7</b>	<b>5.5</b>	<b>41.3</b>	<b>2.5%</b>
<b>Total World</b>	<b>1032.7</b>	<b>1267.4</b>	<b>1622.1</b>	<b>234.3</b>	<b>1652.6</b>	<b>100.0%</b>
of which: OECD	142.7	254.8	235.0	35.7	234.7	14.2%
Non-OECD	890.1	1012.6	1387.1	198.6	1417.9	85.8%
OPEC	769.0	855.5	1167.3	168.4	1196.3	72.4%
Non-OPEC‡	204.7	330.4	329.4	48.7	329.4	19.9%
European Union#	8.3	8.8	6.8	0.9	6.7	0.4%
Former Soviet Union	59.0	81.4	125.4	17.2	126.9	7.7%
Canadian oil sands: Total	32.4	174.7	169.2	27.5	169.2	
of which: Under active development	3.2	11.5	25.9	4.2	25.9	
Venezuela: Orinoco Belt	–	–	220.0	35.3	220.0	

\*More than 100 years.

†Less than 0.05%.

‡Excludes Former Soviet Union.

#Excludes Estonia, Latvia and Lithuania in 1991.

**Notes:** Proved reserves of oil – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions.

Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

Source of data – The estimates in this table have been compiled using a combination of primary official sources, third-party data from the OPEC Secretariat, *World Oil*, *Oil & Gas Journal* and an independent estimate of Russian and Chinese reserves based on information in the public domain.

Canadian oil sands 'under active development' are an official estimate. Venezuelan Orinoco Belt reserves are based on the OPEC Secretariat and government announcements.

Reserves include gas condensate and natural gas liquids (NGLs) as well as crude oil.

Shares of total and R/P ratios are calculated using thousand million barrels figures.

O Gráfico 1 abaixo mostra as reservas provadas por região. É possível ver o aumento na região da América do Sul e Central, causada pelas novas descobertas de petróleo na Venezuela.

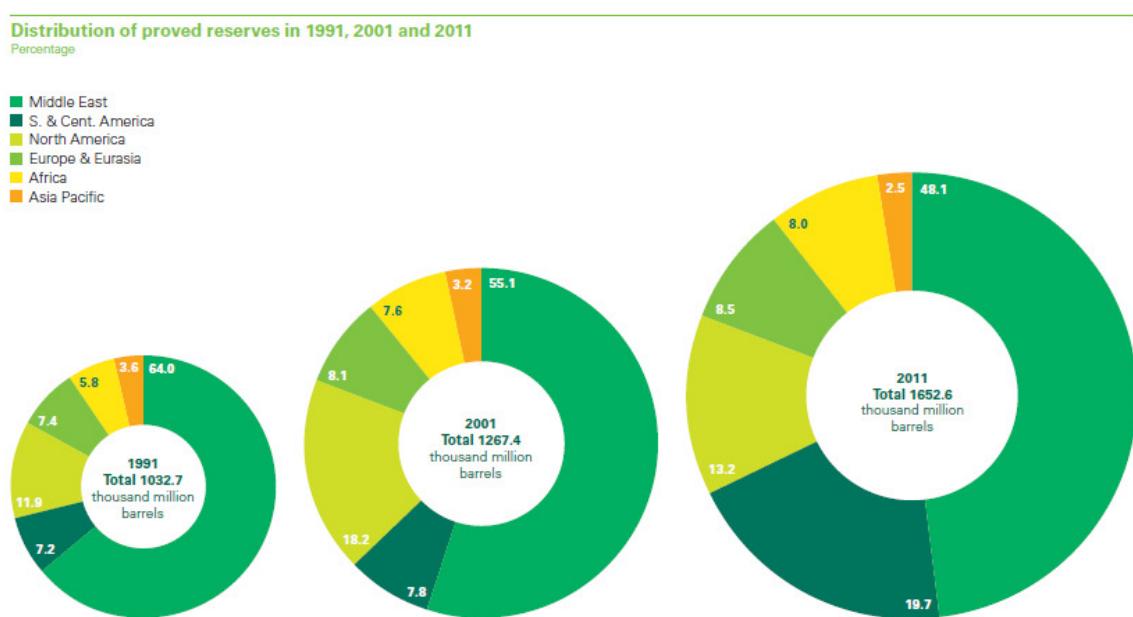
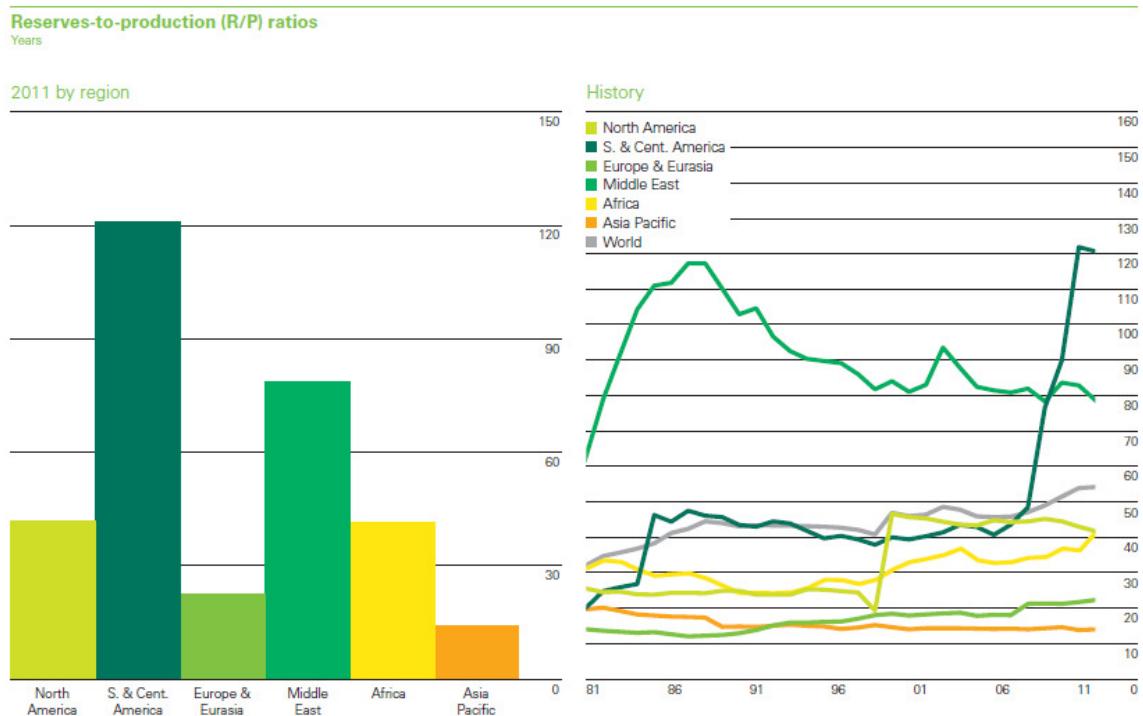


Gráfico 1 – Reservas para produção (R/P) e distribuição das reservas provadas de petróleo por região. (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2012).

## 2.3 PRODUÇÃO E RESERVAS DE GÁS NATURAL

A Tabela 3 compara as reservas de gás natural comprovadas com as reservas de petróleo e sua respectiva estimativa de duracão. De acordo com o relatório “BP Statistical Review of World Energy” (06/2012) as reservas comprovadas de gás natural alcançaram 208,4 trilhões de m<sup>3</sup> em 2011 enquanto as de petróleo alcaçaram o valor de 1,652 trilhões de barris. Lembrando que um barril equivale a 158,98 litros.

Tabela 3 – Reservas provadas de gás e petróleo (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2012 – [bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)).

	GÁS NATURAL	PETRÓLEO
RESERVAS COMPROVADAS	208,4 Trilhões de m <sup>3</sup>	1,652 Trilhões de barris
DURAÇÃO DAS RESERVAS COMPROVADAS	63,6 anos	54,2 anos

Segundo BARBOSA (1997) as projeções indicam que as reservas de gás natural devem durar mais que as reservas de petróleo. O consumo mundial de gás natural cresceu cerca de 2,2%. O crescimento do consumo foi a menor média em todas as regiões menos na América do Norte, onde os preços baixos levaram a um crescimento robusto. Fora da América do Norte, o maior valor em volume de consumo foi da China com (21,5%), Arábia Saudita (13,2%) e Japan (11,6%). Estes aumentos foram parcialmente compensados pelo maior declínio já registrado no consumo de gás na Europa (-9,9%), impulsionado por uma economia fraca, alto preço do gás, tempo quente e num continuado crescimento de geração de energia renovável.

A produção global de gás natural cresceu 3,1%. Os Estados Unidos (7,7%) registrou o maior volume apesar dos baixos preços do gás e permaneceu como maior produtor do mundo. A produção também cresceu rapidamente no Qatar (25,8%), Rússia (3,1%) e Turcomenistão (40,6%), compensando os declínios na Líbia (-75,6%) e o Reino Unido (-20,8%). A Europa registrou o maior declínio na produção de gás com (-11,4%), devido a combinação de fatores como campos maduros, manutenção e o consumo regional fraco. (BP Statistical Review of World Energy, 06/2012 – [bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)).

Abaixo a Tabela 4 mostra as reservas provadas por cada região do mundo. A produção global de gás natural cresceu 3,1% em 2011.

Tabela 4 - Reservas provadas de gás natural (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2012 – [bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)).

## ➊ Natural gas

### Proved reserves

	At end 1991 Trillion cubic metres	At end 2001 Trillion cubic metres	At end 2010 Trillion cubic metres	At end 2011				
				Trillion cubic feet	Trillion cubic metres	Share of total	R/P ratio	
US	4.7	5.2	8.2	299.8	8.5	4.1%	13.0	
Canada	2.7	1.7	1.8	70.0	2.0	1.0%	12.4	
Mexico	2.0	0.8	0.3	12.5	0.4	0.2%	8.7	
<b>Total North America</b>	<b>9.5</b>	<b>7.7</b>	<b>10.3</b>	<b>382.3</b>	<b>10.8</b>	<b>5.2%</b>	<b>12.5</b>	
Argentina	0.6	0.8	0.4	12.0	0.3	0.2%	8.8	
Bolivia	0.1	0.8	0.3	9.9	0.3	0.1%	18.3	
Brazil	0.1	0.2	0.4	16.0	0.5	0.2%	27.1	
Colombia	0.1	0.1	0.2	5.8	0.2	0.1%	14.9	
Peru	0.3	0.2	0.4	12.5	0.4	0.2%	31.1	
Trinidad & Tobago	0.2	0.6	0.4	14.2	0.4	0.2%	9.9	
Venezuela	3.6	4.2	5.5	195.2	5.5	2.7%	*	
Other S. & Cent. America	0.2	0.1	0.1	2.2	0.1	*	23.7	
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>5.3</b>	<b>7.0</b>	<b>7.5</b>	<b>267.7</b>	<b>7.6</b>	<b>3.6%</b>	<b>45.2</b>	
Azerbaijan	n/a	1.2	1.3	44.9	1.3	0.6%	85.8	
Denmark	0.1	0.1	0.1	1.6	†	*	6.5	
Germany	0.2	0.2	0.1	2.2	0.1	*	6.2	
Italy	0.3	0.2	0.1	3.1	0.1	*	11.4	
Kazakhstan	n/a	1.8	1.9	66.4	1.9	0.9%	97.6	
Netherlands	1.8	1.5	1.1	38.9	1.1	0.5%	17.2	
Norway	1.3	2.2	2.0	73.1	2.1	1.0%	20.4	
Poland	0.2	0.1	0.1	4.3	0.1	0.1%	28.3	
Romania	0.5	0.3	0.8	3.8	0.1	0.1%	9.9	
Russian Federation	n/a	42.4	44.4	1575.0	44.6	21.4%	73.5	
Turkmenistan	n/a	2.6	13.4	858.8	24.3	11.7%	*	
Ukraine	n/a	1.0	0.9	33.0	0.9	0.4%	51.3	
United Kingdom	0.5	1.1	0.2	7.1	0.2	0.1%	4.5	
Uzbekistan	n/a	1.7	1.6	56.6	1.6	0.8%	28.1	
Other Europe & Eurasia	50.1	0.5	0.3	10.0	0.3	0.1%	29.4	
<b>Total Europe &amp; Eurasia</b>	<b>54.9</b>	<b>56.8</b>	<b>68.0</b>	<b>2778.8</b>	<b>78.7</b>	<b>37.8%</b>	<b>75.9</b>	
Bahrain	0.2	0.1	0.2	12.3	0.3	0.2%	26.8	
Iran	19.8	26.1	33.1	1168.6	33.1	15.9%	*	
Iraq	3.1	3.1	3.2	126.7	3.6	1.7%	*	
Kuwait	1.5	1.6	1.8	63.0	1.8	0.9%	*	
Oman	0.1	0.9	0.9	33.5	0.9	0.5%	35.8	
Qatar	6.4	25.8	25.0	884.5	25.0	12.0%	*	
Saudi Arabia	5.2	6.5	8.0	287.8	8.2	3.9%	82.1	
Syria	0.2	0.2	0.3	10.1	0.3	0.1%	34.3	
United Arab Emirates	5.8	6.1	6.1	215.1	6.1	2.9%	*	
Yemen	0.4	0.5	0.5	16.9	0.5	0.2%	50.7	
Other Middle East	†	0.1	0.2	7.8	0.2	0.1%	49.3	
<b>Total Middle East</b>	<b>42.7</b>	<b>70.9</b>	<b>79.4</b>	<b>2826.3</b>	<b>80.0</b>	<b>38.4%</b>	*	
Algeria	3.6	4.5	4.5	159.1	4.5	2.2%	57.7	
Egypt	0.4	1.6	2.2	77.3	2.2	1.1%	35.7	
Libya	1.3	1.3	1.5	52.8	1.5	0.7%	*	
Nigeria	3.4	4.6	5.1	180.5	5.1	2.5%	*	
Other Africa	0.8	1.1	1.2	43.5	1.2	0.6%	63.4	
<b>Total Africa</b>	<b>9.5</b>	<b>13.1</b>	<b>14.5</b>	<b>513.2</b>	<b>14.5</b>	<b>7.0%</b>	<b>71.7</b>	
Australia	0.9	2.7	3.7	132.8	3.8	1.8%	83.6	
Bangladesh	0.7	0.3	0.4	12.5	0.4	0.2%	17.8	
Brunei	0.4	0.4	0.3	10.2	0.3	0.1%	22.5	
China	1.0	1.4	2.9	107.7	3.1	1.5%	29.8	
India	0.7	0.8	1.1	43.8	1.2	0.6%	26.9	
Indonesia	1.8	2.6	3.0	104.7	3.0	1.4%	39.2	
Malaysia	1.7	2.5	2.4	96.0	2.4	1.2%	39.4	
Myanmar	0.3	0.3	0.2	7.8	0.2	0.1%	17.8	
Pakistan	0.8	0.7	0.8	27.5	0.8	0.4%	19.9	
Papua New Guinea	0.4	0.4	0.4	15.6	0.4	0.2%	*	
Thailand	0.2	0.4	0.3	9.9	0.3	0.1%	7.6	
Vietnam	†	0.2	0.8	21.8	0.6	0.3%	72.3	
Other Asia Pacific	0.3	0.4	0.4	12.1	0.3	0.2%	18.9	
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>9.3</b>	<b>13.1</b>	<b>16.5</b>	<b>592.5</b>	<b>16.8</b>	<b>8.0%</b>	<b>35.0</b>	
<b>Total World</b>	<b>131.2</b>	<b>168.5</b>	<b>196.1</b>	<b>7360.9</b>	<b>208.4</b>	<b>100.0%</b>	<b>63.6</b>	
of which:	OECD	15.2	16.1	18.1	660.2	18.7	9.0%	16.0
	Non-OECD	116.1	152.5	178.0	6700.7	189.7	91.0%	90.0
	European Union	3.8	3.6	2.3	64.4	1.8	0.9%	11.8
	Former Soviet Union	49.8	50.9	63.5	2638.5	74.7	35.8%	96.3

\*More than 100 years.

†Less than 0.05.

‡Less than 0.05%.

**Notes:** Proved reserves of natural gas – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions.

Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

Source of data – The estimates in this table have been compiled using a combination of primary official sources and third-party data from Cedigaz and the OPEC Secretariat.

No Gráfico 2 abaixo, as reservas provadas de gás natural são suficientes para alcançar 63,6 anos de produção. As regiões do meio-oeste (Península Arábica, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Líbano, Síria) continuam com as maiores reservas 38,4% do total.

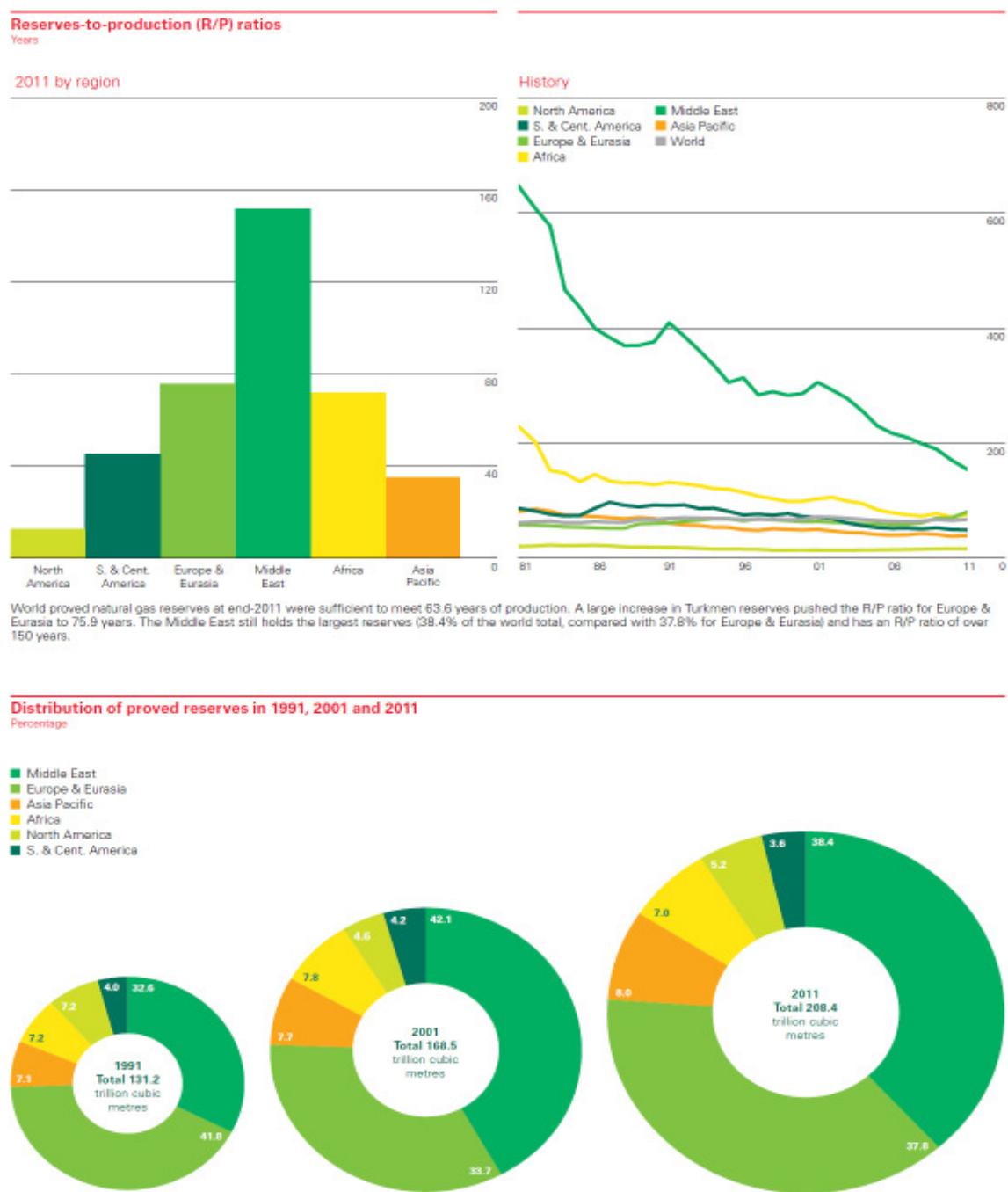


Gráfico 2 – Reservas para produção (R/P) e distribuição das reservas provadas de gás natural por região. (Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2012 – [bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)).

As reservas comprovadas e os níveis de produção podem ser avaliados pela relação R/P. Um grande crescimento nas reservas do Turcomenistão elevou o R/P da Europa e Eurasia para 75,9 anos. Os países da OPEC possuem as maiores reservas de gás registraram valores de R/P de 150 anos. Na América do Sul as descobertas na Venezuela elevaram o valor de R/P da região, onde a mesma sozinha supera os 100 anos. O Peru com valor de 31,1 anos seguido do Brasil com seus 27,1.

## 2.4 HISTÓRICO DO GÁS NATURAL NO BRASIL

A história do gás natural no Brasil começa com a instalação das primeiras lâmpadas a gás no Rio de Janeiro em 1854. Pouco depois, em 1873, o mesmo sistema de iluminação pública, cujo gás era produzido a partir do carvão mineral, passa a ser instalado em São Paulo. Ao longo do século XX, as distribuidoras de gás canalizado também iniciam o uso de materiais como hulha e nafta para a produção de gás.

De forma modesta a utilização do gás natural no Brasil começou por volta de 1940, com as descobertas de óleo e gás na Bahia, atendendo as indústrias do Recôncavo Baiano. Depois de alguns anos, as bacias do Recôncavo, Sergipe e Alagoas eram destinadas em quase sua totalidade para a fabricação de insumos industriais e combustíveis para refinarias e para o Pólo Petroquímico de Camaçari. Na década de 80 criaram-se outros pólos de produção como o de Rio Grande do Norte, criando um segundo pôlo de utilização do gás, mais ao Norte da região.

Segundo um relatório da ANP (Indústria Brasileira de Gás Natural: Regulação Atual e Desafios Futuros de 2001), além de o gás natural ser uma fonte recente no país, a única tradição de seu uso esteve localizada quase que exclusivamente na Bahia. Até o início da década de 1980, a produção em todo território nacional era insignificante. Uma segunda fase na história do gás natural no Brasil inicia-se justamente nessa época, quando a produção da Bacia de Campos tomou força e rapidamente passou a produção do Recôncavo Baiano, fato que ocorreu em meados de 1985. A descoberta de gás natural mesmo que associado ao petróleo, próximos aos maiores centros industriais e junto aos grandes mercados

consumidores (Rio de Janeiro e São Paulo), foi um fato que impulsionou a nova fonte de energia na região Sudeste do país, tirando a idéia de produção regional.

Praticamente todo o crescimento da Bacia de Campos ocorreu entre 1981 e 1985. Seguido de um segundo incremento na produção de gás natural que ocorreu 10 anos depois, a partir de 1994. Também a partir de 1990, a produção brasileira de gás natural se estendeu a novas regiões do país, em locais bastante distintos: nos litorais de São Paulo e do Paraná, no meio da floresta Amazônica, nas costas do Ceará e ao Sul do Espírito Santo. Em 1999 segundo o mesmo relatório, mesmo com descobertas de novos campos, a Bacia de Campos continuava a responder por praticamente metade de toda a produção nacional de gás natural (exatamente 46% do total).

Em 1999 com a entrada em operação do gasoduto Brasil-Bolívia conhecido como GASBOL com 3150 quilômetros de extensão e finalizado em sua totalidade em 2010, com capacidade máxima para transportar 30 milhões de metros cúbicos de gás natural por dia (nos dias de hoje equivale a metade do consumo brasileiro), houve um aumento expressivo na oferta de gás natural. Um aumento mais evidente ocorreu devido aos apagões de 2001 e 2002, forçando o governo a reduzir a participação das hidrelétricas na matriz energética brasileira e aumentar a participação das termoelétricas movidas a gás natural. Nos primeiros anos de operação com a oferta do produto, houve uma explosão no consumo fazendo com que sua participação superasse os 10% na matriz energética nacional.

Segundo o anuário estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Bicombustíveis 2012 da ANP as reservas brasileiras provadas de gás natural cresceram 8,6% para 459,4 bilhões de m<sup>3</sup>, levando o Brasil a 31<sup>a</sup> colocação na posição das maiores reservas provadas. Seguindo a tendência do mercado mundial, houve um incremento na indústria brasileira de gás natural. O aumento de 5% na produção, para 24,1 bilhões de m<sup>3</sup>, esteve relacionado à redução de 27,7% das queimas e perdas e à diminuição de 7,6% do volume reinjetado nos poços.

O Gráfico 3 abaixo apresenta a evolução das reservas provadas de gás natural por localização.

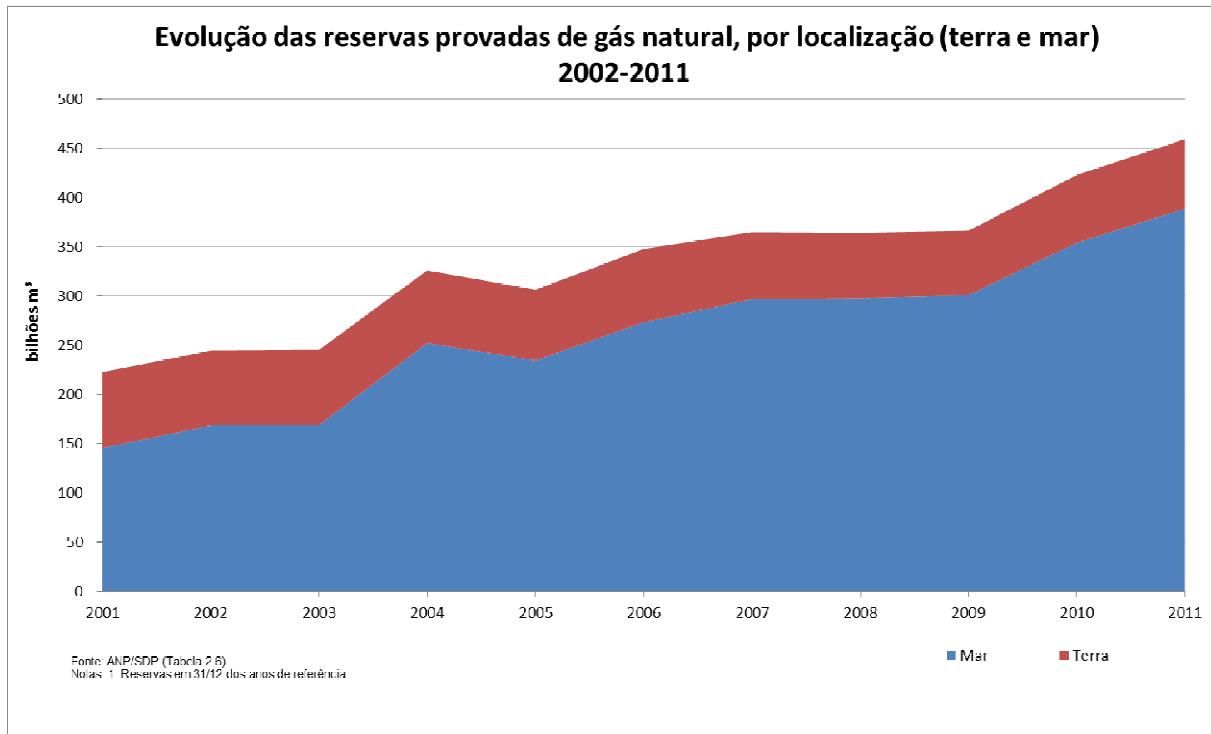


Gráfico 3 – Evolução das reservas provadas de gás natural - terra e mar (Fonte: ANP, 2012).

No Gráfico 4 abaixo, é possível encontrar a distribuição das reservas provadas de gás natural por regiões dos estados da Federação.

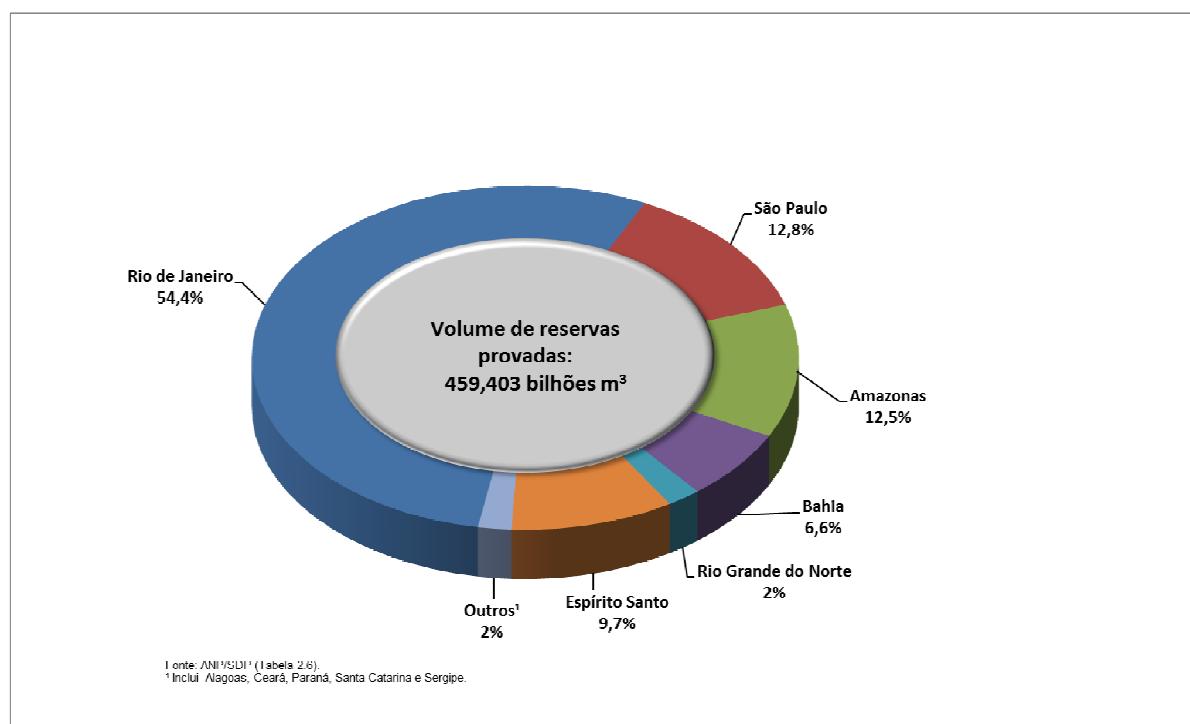


Gráfico 4 – Distribuição das reservas provadas de gás natural por unidades da Federação (Fonte: ANP, 2012).

É possível notar que o estado do Rio de Janeiro mantém a maior porcentagem de reservas provadas da Federação com 54,4%, devido a produção da Bacia de Campos. São Paulo com reservas provadas de 12,8% vem logo em seguida impulsionado pelas descobertas na Bacia de Santos no Pré-Sal, que segundo especialistas podem ultrapassar a produção da Bacia de Campos. O Estado do Amazonas também possui um número expressivo de reservas provadas dentro da Federação com 12,5%.

O Gráfico 5, mostra a evolução do balanço do gás natural no Brasil no período de 2000-2011. Atualmente o país tem cerca de 77,3 milhões m<sup>3</sup>/dia de gás natural. Desse volume, deve ser deduzido o valor de consumo próprio de 8,67 milhões m<sup>3</sup>/dia, queimas e perdas de 1,76 milhões m<sup>3</sup>/dia e 4,04 milhões m<sup>3</sup>/dia na reinjeção.

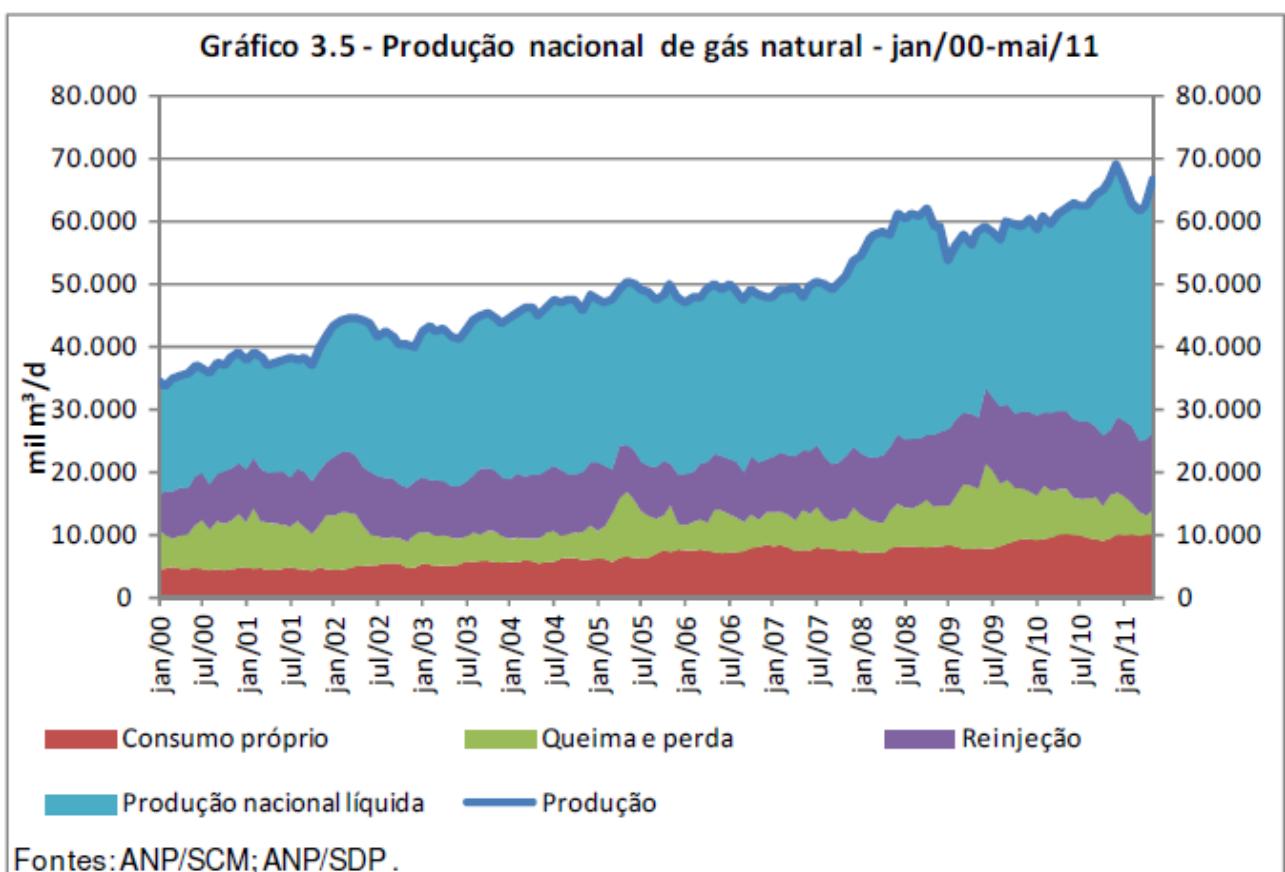


Gráfico 5 – Evolução do balanço do gás natural no Brasil 2000-2011 (Fonte: ANP, 2012)

Além das reservas nacionais o Brasil importa gás natural de outros países, principalmente da Bolívia através do gasoduto Brasi-Bolívia conhecido como GASBOL. Nesse último balanço o Brasil importou cerca de 10,48 milhões m<sup>3</sup>/dia. No Gráfico 6 podemos observar a composição da oferta de gás natural período Janeiro 2000 a Maio de 2011.

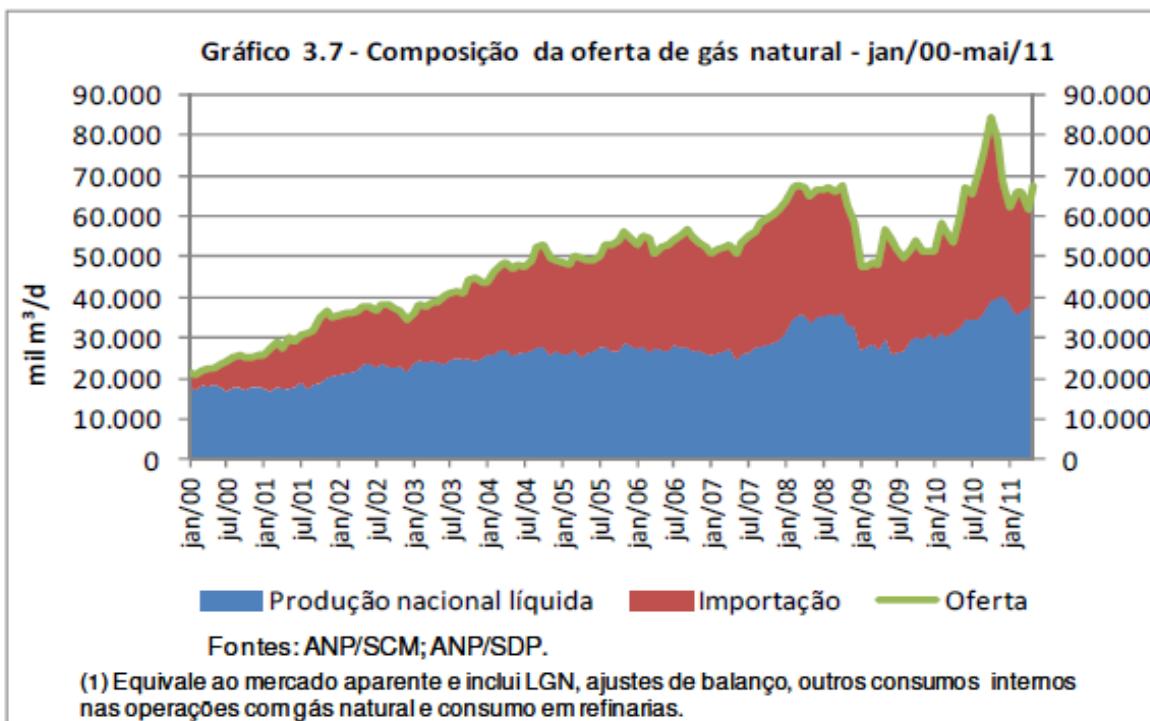


Gráfico 6 – Composição da oferta de gás natural – jan/00 a maio/11 (Fonte: ANP, 2012)

## 2.5 PRÉ SAL

Segundo a PETROBRÁS (PETRÓLEO BRASILEIRA) o termo pré-sal refere-se a um conjunto de rochas localizadas nas porções marinhas de grande parte do litoral brasileiro. O termo pré-sal foi convencionado porque forma um intervalo de rochas que se estende por uma extensa camada de sal, que em algumas áreas da costa atinge espessuras de até 2.000 metros. O termo pré é utilizado devido que ao longo do tempo, essas rochas mencionadas acima foram sendo depositadas antes da camada de sal. A profundidade total dessas rochas, que é a

distância entre a superfície do mar e os reservatórios de petróleo e gás abaixo da camada de sal, pode chegar a mais de 7.000 metros de profundidade.

As maiores descobertas de petróleo, no Brasil, foram feitas a pouco tempo pela Petrobrás na camada do pré-sal localizada entre os estados de Santa Catarina e Espírito Santo numa faixa de cerca de 800 km, onde foi encontrado grande volume de óleo leve. Na Bacia de Campos, o óleo identificado tem uma densidade de 28,5° API (American Petroleum Institute), baixa acidez e baixo teor de enxofre. Esses valores são características de um petróleo de alta qualidade e maior valor de mercado. A Figura 2 abaixo mostra a faixa de localização do Pré-Sal.

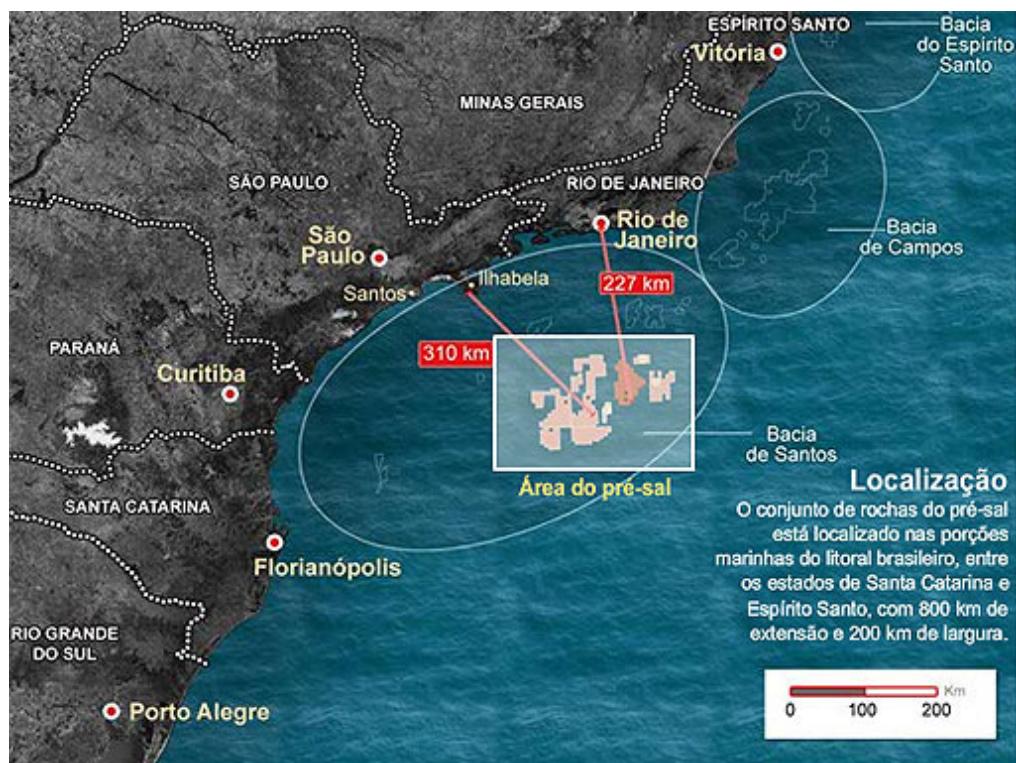


Figura 2 – Faixa das reservas do Pré-Sal (Fonte: Petrobras)

As reservas de petróleo do subsal, ou o petróleo da camada do pré-sal encontram-se em diferentes profundidades, variando 2000 a 3000m de lâmina dágua antes de chegar ao leito marinho. No sub-solo do mar, a primeira camada de rochas sedimentares, a camada mais superficial, é chamada de pós sal, já que encontra-se acima das rochas salinas. Como dito anteriormente no pós sal é onde encontram-se as reservas petrolíferas mais importantes, como a Bacia de Campos, que representava quase que a totalidade das reservas brasileiras até 2005. Abaixo desta primeira camada de rochas (pós-sal), encontra-se a camada de rochas

evaporíticas, rochas salinas ou simplesmente camada de sal. Esta camada varia de algumas centenas de metros até 2 km de rochas salinas. Sob a camada de rochas salinas estão às rochas “pré-sal”, em que foram identificadas as primeiras reservas gigantescas do pré-sal, os campos de Tupi (hoje Lula), Iara e Parque das Baleias. A figura abaixo mostra os diversos poços encontrados e suas respectivas profundidades.

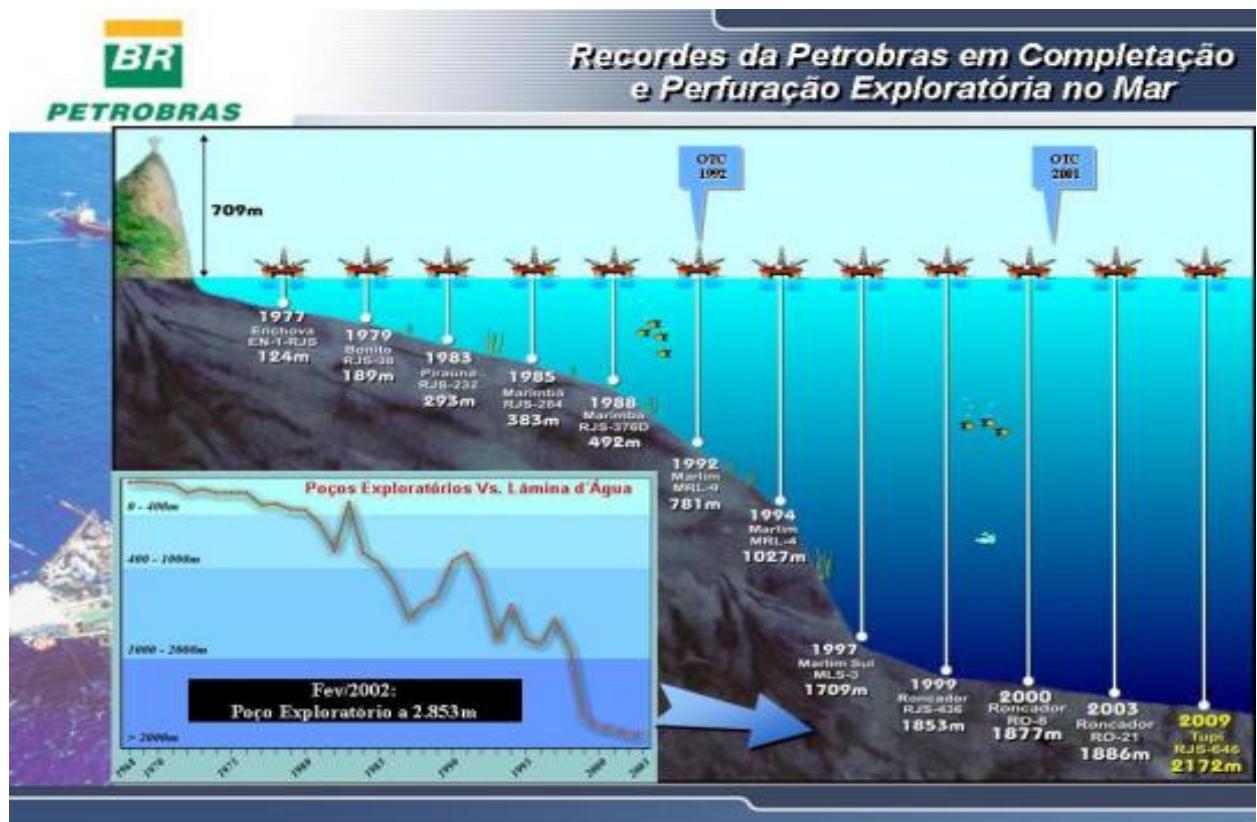


Figura 3 – Poços encontrados no Pré-Sal e suas respectivas profundidades

O Pré-Sal é considerado uma grande bacia petrolífera, mas, não se sabe se é um conjunto de enormes campos petrolíferos independentes, mas próximos, ou um único campo gigantesco. Os mais otimistas avaliam que os campos possuem cerca de 200 a 300 bilhões de barris, caso esses campos sejam formado por um único campo ou ainda se a extensão seja bem maior que a considerada. Acredita-se que o pré-sal pode extender-se até depois das 200 milhas marítimas da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e o Brasil terá que reivindicar a posse destas águas, consideradas internacionais.

O Pré-Sal trouxe uma mudança significativa no cenário petrolífero brasileiro e mundial. As descobertas de novas reservas coloca o Brasil em posição de destaque entre os produtores de petróleo e gás. Nesse contexto, o gás natural contido nessas bacias e associado ao petróleo

eleva as expectativas dos pontos consumidores no Brasil, que podem impulsionar diversos setores da economia, entre eles, o setor do gás natural veicular.

### **3 GÁS NATURAL VEICULAR NO BRASIL**

Segundo VALIENTE (2006) a busca por combustíveis alternativos no Brasil começou na década de 40 e se intensificou na década de 70, devido a crise mundial do petróleo. Havia poucas pesquisas sobre fontes nacionais de gás natural, fato que explica a falta de participação desse combustível na matriz energética da época.

A primeira política efetiva para criação de um combustível alternativo no Brasil se deu com o início das pesquisas e utilização de Biomassa proveniente da cana-de-açúcar como combustível automotivo. Esse programa acabou sendo conhecido como Pró-Álcool e foi criado em 14 de Novembro de 1975 em pleno governo do regime militar. As montadoras adaptaram seus veículos para que motor e componentes pudessem operar com álcool, a utilização de álcool teve sucesso até o final da década de 90 quando perdeu os incentivos vindos do governo e com aumento do mercado internacional de açúcar refinado, fato que até hoje regula o preço do álcool combustível. Hoje o combustível é usado nos veículos Flex (utiliza álcool e gasolina em qualquer proporção) e na frota remanescente de veículos movidos apenas a álcool.

Segundo o trabalho publicado no 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP o gás natural iniciou no mercado de combustível veicular na Itália, na década de 1930, que manteve a liderança no mercado de conversões até a década de 90, quando a Argentina, tradicional exportador de gás natural, decide incentivar o uso desse combustível.

No Brasil em 1987, foi criado o PLANGÁS – Plano Nacional de Gás Natural que foi desenvolvido pela CNE – Comissão Nacional de Energia, que buscava a substituição do uso de combustíveis fósseis líquidos. Neste período o Brasil importava cerca de 52% de petróleo refinado, sendo o diesel o combustível que abastecia grande parte do transporte rodoviário brasileiro. Diante desse cenário, criaram-se políticas para experimentos em transportes coletivos movidos a GNV (Gás Natural Veicular). Foram usados cerca de 150 ônibus nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, entretanto o experimento não foi bem sucedido devido a problemas que muitas vezes ocorrem até hoje, entre eles: a escassez de postos de

abastecimentos, baixa autonomia e tempo elevado de reabastecimento, diferença do custo de quilômetro rodado entre os combustíveis não ser significativa e limitação na revenda do veículo usado.

Durante o período de 1990 a 1994, a taxa anual de crescimento do mercado de brasileiro de GNV foi de 115%. O consumo saltou de 2 milhões de m<sup>3</sup>/ano em 1990, para 45 milhões de m<sup>3</sup>/ano em 1994. Em 1995, em função da estabilização da economia e dos preços dos combustíveis, a demanda nacional pelo gás reduziu cerca de 14%. Os preços dos outros combustíveis tiveram maior estabilidade comercial fazendo com que a conversão de veículos para GNV ficasse pouco atrativa, resultando em um decréscimo nas conversões. Nesse período o incentivo fiscal dado aos taxistas na compra de veículos “zero km” e a suspensão da garantia dada pelas montadoras aos veículos convertidos, contribuíram para a estagnação do programa.

O governo mudou sua estratégia no ano de 1992, aumentando a participação do gás natural na matriz energética brasileira de 2% para 12%. E dessa vez o uso de GNV não limitava-se na substituição de veículos a diesel, mas, sobretudo em veículos leves movidos a gasolina (o foco inicial eram os taxistas). No Estado do Rio de Janeiro ainda há outro grande incentivo – a Lei nº 3.335, de 29 de Dezembro de 1999, que estabelece cotas reduzidas (desconto de 75%, saindo de 4% para 1% do valor estimado do veículo) do imposto sobre a propriedade de veículos automotores – IPVA, para os veículos que utilizem o gás natural como combustível.

Em 1996 conhecida como a 3º fase do GNV, regulamentou-se a utilização de GNV onde fosse possível comercializá-lo e para qualquer tipo de veículo automotor. Os veículos tradicionalmente abastecidos com gasolina e álcool inclusos no uso de GNV foi viabilizado pelo diferencial de preços dos combustíveis, fato que proporcionou uma relação de custo-benefício favorável ao GNV.

A quarta fase de 1997 até os dias de hoje, engloba as modificações da fase anterior e uma maior percepção dos usuários quanto às vantagens do GNV como substituto dos combustíveis convencionais, juntamente com a melhoria na malha de distribuição do GNV, aumento de postos de abastecimentos e crescimento da frota de veículos de transporte autônomo e frotistas em geral.

De acordo com dados coletados pela IANGV – International Association for Natural Gas Vehicles (2012), a frota mundial de veículos convertidos para gás natural veicular se aproxima de 15.192.844. Os maiores mercados encontram-se no Irã e Paquistão que somados representam 37,6% do total da frota mundial. Na América do Sul, Argentina, Brasil e Colômbia respectivamente com 26%. A Tabela 5 apresenta os dados dos principais mercados mundiais, o número de veículos convertidos para GNV e o número de postos de abastecimento que disponibilizam o combustível.

Tabela 5 - Dados dos principais mercados mundiais de GNV (Fonte: IANGV, 2012).

Posição	País	Nº Veículos GNV	Frota Mundial (%)	Nº Postos
1°	Irã	2.859.386	18.8%	1.820
2°	Paquistão	2.850.500	18.8%	3.300
3°	Argentina	1.900.000	12.5%	1.902
4°	Brasil	1.694.278	11.2%	1.719
5°	Índia	1.100.000	7.2%	724
6°	China	1.000.000	6.6%	2.120
7°	Itália	779.090	5.1%	858
8°	Ucrânia	390.000	2.6%	324
9°	Colômbia	348.747	2.3%	651
10°	Tailândia	300.581	2.0%	458

Desde o decreto federal Nº 1.787/96 de 15 de Janeiro de 1996, autorizando o uso do GNV para veículos particulares a fim de estimular as conversões e a expansão de seu uso para a frota de veículos convertidos aumentou ano a ano. A Tabela 6 mostra a evolução das conversões a partir do decreto federal ser instituído.

Tabela 6 – Evolução da frota brasileria de GNV (Fonte: GASNET, 2012).

Ano	Conversão	Frota
1996	892	4.800
1997	4.458	9.258
1998	9.400	18.658
1999	39.035	57.693
2000	87.224	144.917
2001	147.954	292.871
2002	156.564	449.435
2003	194.072	643.507
2004	183.891	827.398
2005	216.000	1.043.398
2006	261.423	1.304.821
2007	207.124	1.511.945
2008	76.386	1.588.331
2009	51.374	1.639.705
2010	54.573	1.694.278
2011	24.919	1.719.197

Segundo LEROY (2008) a frota brasileira de veículos movidos a gás natural é composta, atualmente, por táxis, veículos leves de transporte de mercadorias, ônibus e veículos particulares. O estado do Rio de Janeiro e São Paulo concentram as maiores frotas de veículos convertidos do país. O setor de transporte é o segundo no ranking de consumo de energéticos no Estado, perdendo somente para o setor industrial. O número total da frota de veículos convertidos no Brasil chega a 1,7 milhões de unidades. Na Tabela 7 podemos observar a participação dos Estados na frota nacional de veículos.

Tabela 7 – Participação dos Estados nas conversões de GNV- 1º semestre de 2010 (Fonte: GASNET, 2012).

Estado	Total	% da Frota
Alagoas	18.459	1,20
Amazonas	177	0,00
Bahia	68.866	4,20
Ceará	47.027	2,90
Distrito Federal	425	0,00
Espírito Santo	37.469	2,70
Goiás	499	0,00
Mato Grosso	1.659	0,10
Mato Grosso do Sul	6.025	0,40
Minas Gerais	63.513	5,30

Para	60	0,00
Paraíba	17.661	1,10
Paraná	27.371	1,70
Pernambuco	46.364	3,30
Piauí	218	0,00
Rio de Janeiro	737.571	40,60
Rio Grande do Norte	38.453	2,60
Rio Grande do Sul	40.594	2,50
Santa Catarina	69.672	3,70
Sergipe	20.974	1,20
São Paulo	382.896	24,70
Não Especificado	21.002	1,80

Podemos dizer que de 2008 até agora houve um decréscimo expressivo nas conversões para gás natural o que pode ser explicado pela declaração do Governo Federal de criar medidas de desestímulo ao aumento das conversões de veículos. Na verdade o governo poderia criar políticas para fomentar a oferta de gás natural e tornar o seu preço competitivo em comparação aos combustíveis existentes. Evitando prejuízos para investidores da indústria automotiva e distribuidores de Gás Natural Veicular.

O governo tem apoiado fortemente o uso do gás por indústrias e para co-geração de energia. A promessa do Pré-Sal pode recompor esse cenário desfavorável e fortalecer o consumo de gás natural veicular. Ainda não está claro se estamos em uma nova fase do gás natural. As reservas provadas de gás natural descobertas no Pré-Sal, ainda em desenvolvimento e o aumento de gás natural proveniente da Bolívia e a dúvida política que recaí sobre esse país podem mudar totalmente o cenário de combustíveis alternativos no Brasil.

### **3.1 POLÍTICA NACIONAL DA COMERCIALIZAÇÃO DE GÁS NATURAL VEICULAR**

Segundo a InfoPetro (2009) a nova Lei do Gás aprovada pelo governo Federal como lei 11.909 de 2009 tem como objetivo definir um marco regulatório para atividades como importação, regaseificação/liquefação, transporte e comercialização de gás natural. Nesse contexto, a lei busca incentivar a entrada de novos investidores privados no segmento de transporte a partir da redução dos custos de transação (riscos) associados aos contratos de capacidade.

O PLANGÀS – Plano Nacional de Gás Natural – foi desenvolvido pela CNE – Comissão Nacional de Energia – e buscava a substituição do Diesel para o transporte rodoviário, além de iniciativas do 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 redução do consumo de óleo diesel.

As resoluções 727/89 e 735/89 do CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito – autorizaram o uso de gás natural veicular em frotas de veículos novos ou usados, com motores ciclo Otto ou Diesel, instituiu a obrigatoriedade de apresentação de certificado de homologação de conversão, expedido pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial como parte do licenciamento do veículo.

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 mesmo Ministério liberando o uso de gás natural em táxis e a Portaria 26 do Departamento autorizando a oferta de gás natural veicular em postos de combustíveis.

A Portaria 553/92 do Ministério de Minas e Energia autorizando o uso de gás natural veicular em veículos de cargas, táxis e frotas de empresas, de serviços públicos e de ônibus urbanos e interurbanos.

O Decreto 1787 de 12 de Janeiro de 1996 autorizou a utilização de Gás Natural em veículos automotores e motores estacionários.

Há também a lei 3335 do Governo do Estado Rio de Janeiro, que estabelecem alíquotas reduzidas de 1% no IPVA- Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores. Isso incentivou o aumento das conversões, transformando o estado na maior frota de veículos convertidos do país.

É possível constatar que o mercado de gás natural veicular sofre grande dependência da política econômica nacional e do nível de confiança dos consumidores em relação a sua disponibilidade e preço.

## 4 SISTEMAS DE CONVERSÃO

Para que o GNV seja usado em um veículo com motor de combustão interna se torna necessário à adoção de um sistema de conversão que possibilita o veículo funcionar com o combustível original e o gás natural.

Segundo VALIENTE (2006), houve uma grande evolução técnica nos sistemas de conversão de GNV para atenderem a maior rigidez nas regulações de emissões de poluentes. Essa evolução pode ser expressa como “gerações dos kits de conversão”, atualmente a geração mais evoluída atende as novas exigências de emissões de poluentes e se adaptam perfeitamente em veículos com injeção eletrônica multiponto. Portanto, em termos técnicos os sistemas de conversão são divididos em cinco gerações.

O Sistema de Conversão de 1º Geração é o que é instalado em motores com carburadores mecânicos. 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. É possível ajustar a mistura ar/GNV por uma válvula tipo agulha no regulador de GNV. Como não possuem nenhum controle eletrônico no motor, os veículos com Sistema de Conversão do tipo Geração 1 apresentam elevados índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível, além de prejudicar o rendimento térmico do motor. O uso desse tipo de sistema em motores com injeção eletrônica de combustível é altamente desaconselhável, já que pode prejudicar o funcionamento do motor e seu desempenho.

O Sistema de Conversão de 2º Geração é instalado em veículos com carburação mecânica e com injeção eletrônica do tipo monoponto (Possui somente um bico injetor). Este redutor possui regulagem da sensibilidade da membrana do 3º estágio e após a redução da pressão do cilindro por meio dessa membrana, o gás natural flui através do misturador e é aspirado por depressão no coletor de admissão do motor, similar ao sistema de 1º geração. A diferença dos dois está na substituição do registro mecânico que ajusta a mistura para um motor de passo ou modulador de pressão controlado eletronicamente que 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 de 2º Geração, também apresentam

índices de emissões de poluentes e de consumo de combustível insatisfatórios, além de continuarem com o menor rendimento térmico do motor em relação aos sistemas das gerações seguintes.

O Sistema de Conversão de 3º Geração é utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape (catalizador). O princípio de redução da pressão do cilindro é o mesmo dos demais sistemas, utilizando um redutor de três estágios 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.

Esse sistema possui o variador de avanço do ponto de ignição que processa as informações recebidas do módulo de injeção eletrônica através de sensores que verificam a posição do eixo de virabrequim, reajustando o ponto de ignição durante a fase de combustão. Ou seja, por se tratar de um sistema mais moderno, essa adição de avanço de ignição melhora a eficiência da combustão aumentando o desempenho do motor.

Quando o usuário decidir por usar o combustível original, uma válvula elétrica interrompe o fornecimento de gás quando selecionado a 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, conhecidos como “bicos injetores”, que impede que os mesmos injetem o combustível e simula um sinal de funcionamento para a ECU - Electronic Control Unit. A unidade central de comando eletrônico também é freqüentemente 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 devido ao melhor controle do avanço de ignição.

O Sistema de Conversão de 4º Geração é utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. Nesta geração, 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 como acontecia nas gerações anteriores.

As demais características e componentes dos Sistemas de Conversão da Geração 4 são semelhantes aos utilizados nos Sistemas de Conversão da Geração 3.

Neste caso o sistema de injeção eletrônica elimina o misturador e a aspiração por depressão no coletor de admissão, que melhora as características da mistura já que o gás passa a ser injetado no coletor de admissão, diminuindo a perda de fluxo causado pela restrição dos mescladores ou misturadores. 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.

O Sistema de Conversão de 5º Geração utilizado exclusivamente em veículos com sistema de injeção eletrônica de combustível e conversor catalítico de gases de escape. Neste tipo de sistema a grande 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 injetores de última geração que são parecidos com os originais do veículo, ou seja, deixa de ser uma simples solenóide e passa a atuar com um sistema de injeção eletrônica seqüencial. Essa tecnologia garante maior precisão na qualidade da mistura e na quantidade de gás natural injetado.

Os injetores modernos que são normalmente importados conseguem ter sua vazão diferenciada para cada tipo de cilindrada de motor, isso permite uma maior qualidade na mistura injetada comparado 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 em conjunto com uma calibração de motor para GNV é o mais avançado e preciso dos Sistemas de Conversão na atualidade. Nessa geração o veículo possui um módulo de injeção eletrônica para o combustível original e outro que controla as funções do GNV. Como o Sistema dispõe de um módulo dedicado ao GNV o mapa de avanço de ignição

e de injeção são bem mais precisos que os de gerações anteriores o que lhe confere as melhores características de rendimento térmico e de emissões de poluentes. Essa geração também consegue atender aos requisitos de auto-diagnose, conhecido como OBD (On Board Diagnosis). A Tabela 8 ilustra os avanços tecnológicos dos kits de conversão.

Tabela 8 – Descritivo dos Kits de Conversão conforme a geração (Fonte: Rodagás do Brasil)

Veja os componentes que devem ser instalados de acordo com as características originais do motor do seu veículo																									
		1 <sup>a</sup> geração	2 <sup>a</sup> geração	3 <sup>a</sup> geração	4 <sup>a</sup> geração	5 <sup>a</sup> geração																			
Components	Mecânicos	Redutor de pressão (aspirado)	Redutor de pressão (aspirado)	Redutor de pressão (aspirado)	Redutor de pressão (P. Positiva)	Redutor de pressão (P. Positiva)																			
		Válvula de abastecimento	Válvula de abastecimento	Válvula de abastecimento	Válvula de abastecimento	Válvula de abastecimento																			
		Válvula de cilindro	Válvula de cilindro	Válvula de cilindro	Válvula de cilindro	Válvula de cilindro																			
		Sistema de Ventilação	Sistema de Ventilação	Sistema de Ventilação	Sistema de Ventilação	Sistema de Ventilação																			
		Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro																			
		Suporte de cilindro	Suporte de cilindro	Suporte de cilindro	Suporte de cilindro	Suporte de cilindro																			
		Tubo de aço para alta pressão	Tubo de aço para alta pressão	Tubo de aço para alta pressão	Tubo de aço para alta pressão	Tubo de aço para alta pressão																			
		Mangueiras água/gás	Mangueiras água/gás	Mangueiras água/gás	Mangueiras água/gás	Mangueiras água/gás																			
	Misturador	Misturador	Misturador	Misturador	Distribuidor de gás	Galeria de injetores de gás																			
Components	Eletro/eletroônicos	Chave comutadora	Chave comutadora	Chave comutadora	Chave comutadora	Chave comutadora																			
		Variador de avanço	Variador de avanço	Variador de avanço	Variador de avanço	Variador de avanço																			
		Simulador de bicos injetores	Simulador de bicos injetores	Simulador de bicos injetores	Simulador de bicos injetores	Simulador de bicos injetores																			
		Gerenciador de 2 <sup>a</sup> G	Gerenciador de 3 <sup>a</sup> G	Gerenciador de 4 <sup>a</sup> G	Gerenciador de 4 <sup>a</sup> G	Gerenciador de 5 <sup>a</sup> G																			
		Motor de passo	Motor de passo para marcha lenta	Dois motores de passo para controle do fluxo de gás ou Conjunto de solenóides com vazões diferentes																					
			Motor de passo para fora de ML																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Caracterização:</th><th>Caracterização:</th><th>Caracterização:</th><th>Caracterização:</th><th>Caracterização:</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistema aspirado</td><td>Sistema aspirado</td><td>Sistema aspirado</td><td>Sistema de pressão positiva</td><td>Sistema de pressão positiva</td></tr> <tr> <td>Sem monitoramento da mistura</td><td>Com monitoramento da mistura</td><td>Com monitoramento da mistura</td><td>Com monitoramento da mistura</td><td>Com monitoramento da mistura</td></tr> <tr> <td></td><td>1 ponto de controle</td><td>2 pontos de controle</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:	Sistema aspirado	Sistema aspirado	Sistema aspirado	Sistema de pressão positiva	Sistema de pressão positiva	Sem monitoramento da mistura	Com monitoramento da mistura		1 ponto de controle	2 pontos de controle					
Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:	Caracterização:																					
Sistema aspirado	Sistema aspirado	Sistema aspirado	Sistema de pressão positiva	Sistema de pressão positiva																					
Sem monitoramento da mistura	Com monitoramento da mistura	Com monitoramento da mistura	Com monitoramento da mistura	Com monitoramento da mistura																					
	1 ponto de controle	2 pontos de controle																							

#### 4.1 SISTEMAS DE CONVERSÃO COM CAGN

A Resolução N°291 de 25 de Outubro de 2001 do MMA- Ministério do Meio Ambiente – é o meio regulador dos Sistemas de Conversões nacionais através do CAGN – Certificado Ambiental para uso do Gás Natural em Veículos Automotores. O IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e o PROCONVE –

Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores são os responsáveis pela emissão do certificado. O certificado é emitido para cada modelo de conjunto de componentes do sistema de conversão de gás e também para cada configuração de motor e combustível usado originalmente. Esse certificado tem validade anual e pode ser renovado, desde que a empresa solicitante cumpra os procedimentos exigidos pelos órgãos.

Ficam estabelecidos os seguintes prazos para o atendimento aos limites de emissão aplicáveis ao “Conjunto de Componentes do Sistema de GN” em motores do Ciclo Otto, respeitando o patamar tecnológico estabelecido nas fases do PROCONVE:

Até noventa dias: os fabricantes e importadores de componentes de gás natural deverão declarar os valores típicos de emissões de gases poluentes para os veículos com sistema de GNV instalados, que atendam a Fase III do PROCONVE (veículos produzidos a partir de Janeiro de 1997), utilizando veículo/modelo mais representativo.

Até doze meses: a empresa interessada em receber o CAGN, deverá apresentar um veículo com seu Conjunto de Componentes do Sistema de GN para veículos do Ciclo Otto da Fase III do PROCONVE, homologado segundo as exigências prescritas nas Resoluções CONAMA N°18, de 6 de Maio de 1986 e N° 15, de 13 de Dezembro de 1995, e em conformidade com a configuração do seu patamar tecnológico.

Até vinte e quatro meses: os Conjuntos de Componentes do Sistema de GN para veículos do Ciclo Otto da Fase III do PROCONVE, serão homologados segundo a classe de volume de motor e combustível, conforme alíneas abaixo, e obedecidas às exigências prescritas nas Resoluções do CONAMA N° 18, de 6 de Maio de 1986 e N° 15, de 13 de Dezembro de 1995, e em conformidade com a configuração do seu patamar tecnológico:

- a) Classe A: até 1000 cilindradas;
- b) Classe B: de 1000 a 1500 cilindradas;
- c) Classe C: de 1500 a 2000 cilindradas;
- d) Classe D: de 2000 a 2500 cilindradas;
- e) Classe E: acima de 2500 cilindradas;

Após trinta e seis meses: os Conjuntos de Componentes do Sistema de GN para veículos do Ciclo Otto da Fase III do PROCONVE, serão homologados seguindo as exigências do CONAMA por marca, modelo e motorização do veículo.

A homologação dos Sistemas de Conversão de GN dos veículos do ciclo Otto posteriores a Fase III do PROCONVE também é feita segundo as normas que as regem, por marca, modelo e motorização 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 fins de obtenção do CAGN para Conjunto de Componentes do Sistema de GN deverão ser realizados no Brasil, em laboratório vistoriado pelo IBAMA, ou credenciado pelo INMETRO, conforme as normas brasileiras e acompanhados por técnicos do IBAMA. Os fabricantes ou os importadores deverão informar com antecedência mínima de trinta dias, a disponibilidade do veículo equipado com o sistema de conversão de GN para a realização dos ensaios. Os custos provenientes dos ensaios serão cobrados do fabricante ou importador no processo de homologação do Conjunto de Componentes de GN.

O IBAMA poderá requisitar uma amostra de lotes de Conjunto de Componentes do Sistema de GN, fabricados ou importados comercializados no Brasil, para fins de comprovação de atendimento as normas do PROCONVE. Caso seja constatado o não atendimento às exigências da legislação, por parte do fabricante ou importador, o pedido de emissão do CAGN pode ser indeferido. Mesmo depois de recebido o CAGN, se for constatado irregularidades em atendimento à legislação, o mesmo pode ser revogado e os lotes envolvidos recolhidos.

Para fins de controle, o fabricante ou importador deverá enviar semestralmente ao IBAMA, relatório do volume de vendas do Conjunto de Componentes do Sistema de GN comercializados no País. A instalação de Sistema de GN só poderá ser feita por técnico registrado no INMETRO para esse fim. A Tabela 9 apresenta a relação dos 58 Sistemas de Conversão detentores do Certificado CAGN no Brasil, e os respectivos sistemas de injeção utilizados, conforme IBAMA (2012).

Tabela 9 – Empresas e Sistemas de Conversão detentores de CAGN no Brasil (Fonte: IBAMA, 2012).

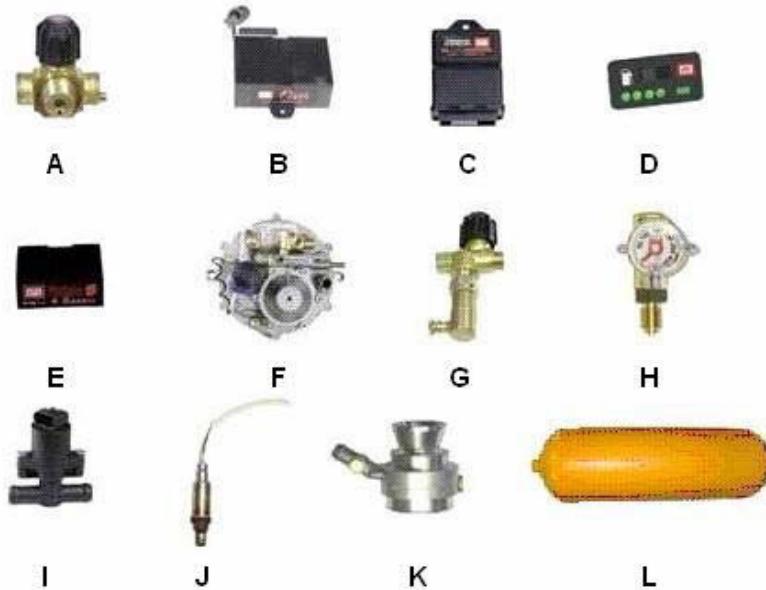
<b>1 - RODAGÁS DO BRASIL SISTEMAS A GAS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: RODAGAS 16.000 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 001/2003
<b>2 - RODAGÁS DO BRASIL SISTEMAS A GÁS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: RODAGAS 17.000 (1.501 a 2.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV multiponto seqüencial - CAGN: 002/2003
<b>3 - BIOGAS COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: OMVL e Sistema de Injeção de GNV, marca OMVL - CAGN: 003/2003
<b>4 - ATODOGAS IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO, COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: GNC / GALILEO e Sistema de Injeção de GNV, marca GNC/GALILEO - CAGN: 004/2003
<b>5 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA.</b>
Sistema de Conversão: BRC (até 1.000 cm3) e Sistema de Injeção de GNV, marca BRC - CAGN: 005/2003
<b>6 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 006/2003
<b>7 - KGM DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: CGN1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 007/2003
<b>8 - NETGAS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: NET GAS POCKET e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 008/2003
<b>9 - LANDI RENZO DO BRASIL/LR INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: LANDI RENZO LCS/2 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 009/2003
<b>10 - GNV 382 PEÇAS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: MAZZI ECO e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 010/2003
<b>11 - LANDI RENZO DO BRASIL/LR INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: LANDI RENZO LCS A/1 V05 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 11/2003
<b>12 - METAN 2.001 DE QUATIS IND. E COM. LTDA.</b>
Sistema de Conversão: METAN LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 12/2003
<b>13 - POWER GAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: POWER GAS LCS A1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 13/2003
<b>14 - BUGATTI DO BRASIL - COMÉRCIO, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: BUGATTI LCS/ A1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 14/2003
<b>15 - FBM TECNO EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: FBM LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 15/2003
<b>16 - OYRSA GNV DO BRASIL EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA LTDA.</b>
Sistema de Conversão: OYRSA BR I e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 16/2003
<b>17 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 17/2003
<b>18 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 18/2003
<b>19 - ELETRICA AUTO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: ITAGAS LCS A/1 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 19/2003
<b>20 - BIOGAS COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: REG e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 20/2004
<b>21 - PGN GAS AUTOMOTIVO IMPORT E EXPORT LTDA.</b>
Sistema de Conversão: PGN/Pelmag - IB - 001 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 21/2004
<b>22 - BAHIA COMSI LTDA.</b>
Sistema de Conversão: HDG K01 e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 22/2004

<b>23 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 23/2004
<b>24 - BAHIA COMSI LTDA.</b>
Sistema de Conversão: TL LOGIKA (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 24/2004
<b>25 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP/1 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 25/2004
<b>26 - TOMASETTO ACHILLE DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: 291.XLP/2 (até 1.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 26/2004
<b>27 - ISAPA IMPORTAÇÃO E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: STEFANELLI ECO 01 (até 1.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 27/2004
<b>28 - TUPAMPLAS COMERCIAL IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA.</b>
Sistema de Conversão: FUNDEMAP K01 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 28/2004
<b>29 - PVR DO BRASIL TECNOLOGIA LTDA.</b>
Sistema de Conversão: PVR-SM (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 29/2004
<b>30 - OSASGAS LAPENA MECÂNICA GERAL E INSTALAÇÃO DE GAS AUTOMOTIVO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: OSASGAS (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 30/2004
<b>31 - BBGAS DO BRASIL COMÉRCIO IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: ABA GAS K01 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 31/2004
<b>32 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: REG/GNV PEÇAS (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 32/2004
<b>33 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA.</b>
Sistema de Conversão: BRC JUST (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 33/2005
<b>34 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA.</b>
Sistema de Conversão: JUST HIGH-TECH (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 34/2005
<b>35 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA.</b>
Sistema de Conversão: BRC BLITZ (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 35/2005
<b>36 - ICTUS ENGENHARIA REPRESENTACOES E SERVICOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: DINAMOTOR DR 02 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 36/2005
<b>37 - KGM INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PEÇAS AUTOMOTIVAS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: CGN 02 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 37/2005
<b>38 - ROR INSTALADORA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: SPEED CAR (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 38/2005
<b>39 - VERPTRO BRASIL ELECTRONICS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: CFG II (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 39/2007
<b>40 - TECHNOGAS DO BRASIL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: IZAWA IZ-02 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 40/2005
<b>41 - SULTECNICA INDÚSTRIA COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO DE MAQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: PRESSOR/ZETRONIC KPZ 001 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 41/2005
<b>42 - CONVERTINGEL EQUIPAMENTOS PARA GNV LTDA.</b>
Sistema de Conversão: PFABER MD-09 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 42/2005
<b>43 - NETGAS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: NETGAS POCKET II (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 43/2005
<b>44 - CMC GAS NATURAL LTDA.</b>
Sistema de Conversão: CMC-TES (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 44/2005
<b>45 - ASTECOMP - INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA .</b>

Sistema de Conversão: FUNDEMAP K01 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV- CAGN: 45/2005
<b>46 - LOVATO DO BRASIL SISTEMAS AUTOMOTIVOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: Lovato-Lov-eco (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 46/2005
<b>47 - OYRSA GNV DO BRASIL EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA LTDA.</b>
Sistema de Conversão: OYRSA BR II (1.001 a 1.500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 47/2005
<b>48 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.</b>
Sistema de Conversão: TURY C RG (1.501 a 2.500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 48/2005
<b>49 - CONVERTINGEL EQUIPAMENTOS PARA GNV LTDA.</b>
Sistema de Conversão: PFABER GN 09 (1.501 a 2.000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 49/2005
<b>50 - WMTM EQUIPAMENTOS DE GASES LTDA.</b>
Sistema de Conversão: BRC Sequent (2.001 a 2.500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 50/2005
<b>51 - ASTECOMP - INDUSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA.</b>
Sistema de Conversão: FUNDEMAP/BCO (1.001 a 1.500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV - CAGN: 51/2005
<b>52 - TOMASETTO ACHILE DO BRASIL LTDA</b>
Sistema de Conversão: Modelo 2000/ST 40 (1.501 a 2000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 52/2005
<b>53 -DIBIANCHI AUTO PEÇAS EXPRESSAS LTDA</b>
Sistema de Conversão: REG R89 (1.501 a 2000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 53/2006
<b>54 - GNV TOTAL LTDA</b>
Sistema de Conversão: ECO GNV (1.501 a 2000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 54/2006
<b>55 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA</b>
Sistema de Conversão: TURY 03 (1.501 a 2000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 55/2007
<b>56 - LOVATO DO BRASIL SISTEMAS AUTOMOTIVOS LTDA</b>
Sistema de Conversão: Lovato - Loveco Pro (1.001 a 1500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 56/2005
<b>57 - SEVA ENGENHARIA ELETRÔNICA S.A</b>
Sistema de Conversão: DEVEL DS-1001 (MD 2009) (1.501 a 2000 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 57/2007
<b>58 - TURY DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA</b>
Sistema de Conversão: CERTA 02 (1.001 a 1500 cm <sup>3</sup> ) e Sistema de Injeção de GNV -CAGN: 58/2007

## 4.2 SISTEMAS DE CONVERSÃO DE 3º E 5º GERAÇÃO

Os sistemas de conversão mais usados atualmente são os de 3º e 5º Gerações, o primeiro ainda usa a aspiração do motor como modo de injetar o gás natural na câmara de combustão já o de 5º Geração atua em todos os veículos com injeção eletrônica multiponto sequencial atendendo as novas exigências de emissões e poluentes. As características de cada componente serão descritas abaixo. A Figura 4 mostra os componentes de um kit de conversão de 3º Geração.



- A- Válvula de segurança do cilindro
- B- Emulador do sensor de oxigênio
- 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
- J- Sensor de Oxigênio
- K- Misturador Ar-Gás Natural
- L- Cilindro de gás

Figura 4 – Componentes principais de um Sistema de Conversão de 3º Geração (Fonte: White Martins, 2005).

Os componentes podem ser de construção diferenciada dependendo do tipo de fabricante, mas, sua função principal permanece a mesma. Abaixo um descriptivo de cada componente:

A - Válvula de Segurança de Cilindro: Esta válvula é instalada no pescoço do cilindro e dispõe de 3 dispositivos de segurança que são:

1º Manícola de fechamento rápido, geralmente pintada de vermelho, a qual dependendo da posição permite a saída do gás ou sua retenção no cilindro;

2º Dispõe ainda, de um dispositivo de segurança com a finalidade de automaticamente, em caso de aumento de temperatura e de pressão no gás contido, liberar o conteúdo do cilindro para a atmosfera.

3º Na parte interna da válvula do cilindro, outro dispositivo fecha automaticamente, em caso de excesso de fluxo – caso ocorra o rompimento das tubulações externas, interrompendo a saída do gás.

**B - Emulador do Sensor de Oxigênio:** O emulador de sensor de oxigênio é um dispositivo eletrônico que utiliza o mesmo sinal da sonda de O<sub>2</sub> original do veículo como parâmetro de funcionamento da mistura do gás natural, ajustando a vazão de gás em função da relação de estequiometria dos gases. O fato de mandar um sinal para o módulo de injeção original do veículo impede que o sistema interprete uma falha, fazendo com que o módulo indique falha do sensor de oxigênio.

**C - Variador de avanço do ponto de ignição:** é um dispositivo eletrônico que consegue corrigir o ponto de ignição para o uso de gás, devido à diferença de eficiência volumétrica e da velocidade de propagação da chama dos dois combustíveis. O variador processa as informações provenientes do módulo de ignição eletrônica, antecipando o ponto de ignição em função da rotação do motor, que varia entre 5° a 15°. O variador de avanço só opera quando o veículo utiliza o gás natural mantendo o motor com maior eficiência de desempenho.

**D – Chave Comutadora:** dispositivo instalado no painel do veículo que permite a seleção do combustível, podendo comutar do combustível original para o gasoso. Pode ser do tipo automático ou manual. A chave também permite monitorar a quantidade de gás do cilindro através de luzes indicadoras que se apagam conforme o gás é consumido.

**E – Emuladores de bicos injetores:** dispositivo utilizado somente em veículos com injeção eletrônica interrompe e simula o funcionamento das válvulas injetoras de combustível (bicos) originais, evitando que o módulo de injeção entre em modo de falha. O dispositivo não permite que haja a entrada dos dois combustíveis no motor. Usa cabos originais evitando cortes desnecessários no chicote elétrico original do veículo.

F – Redutor de Pressão: sua função é regular a pressão de gás para alimentação do motor. Pode possuir até três estágios de regulação, sendo que os redutores mais modernos do tipo Geração 5 possuam só dois.

Primeiro estágio, com a válvula solenóide acionada através da comutação da chave do gás, o mesmo é liberado com uma pressão de aproximadamente 220 kgf/cm<sup>2</sup> para o redutor de pressão. O gás flui para um diafragma de borracha que reduz a pressão de 220 kgf/cm<sup>2</sup> para cerca de 4,5 kgf/cm<sup>2</sup>. A variação de pressão promovida pelo redutor reduz também sua temperatura até o ponto de se observar congelamento externo, que pode ser controlado usando a própria água do sistema de arrefecimento para obter a temperatura correta de funcionamento sem o congelamento do redutor.

Segundo estágio, a pressão sofre outra redução para cerca de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> de forma que o fluxo de gás não sofra variação com a queda de pressão no compartimento, a medida em que o gás é consumido. Essa redução de pressão usa outro tipo de diafragma de borracha.

Terceiro estágio, o redutor fornece a quantidade de gás necessária ao motor, através de um dispositivo que regula a quantidade de gás em função da demanda requerida. Com a pressão de trabalho de 1 kgf/cm<sup>2</sup> o gás é finalmente aspirado pelo motor (kit de 3º geração) através da depressão do coletor. Outro dispositivo permite a regulagem da vazão para baixas rotações e cargas mínimas do motor, no caso a marcha lenta.

G – Válvula de abastecimento de cilindro: instalada no compartimento do motor é do tipo engate rápido, com a finalidade de permitir o abastecimento do cilindro de gás. A válvula conta ainda com um dispositivo de retenção que impede que o gás existente no cilindro e/ou tubulações retorne à fonte de abastecimento, evitando a perda do combustível contido no cilindro. Possui dispositivos de segurança para alívio de pressão e de retenção de fluxo em caso de mau funcionamento.

H - Manômetro: dispositivo de medição de pressão, instalado entre a válvula de abastecimento e o regulador de pressão, com a finalidade de medir e indicar continuamente a pressão de gás no cilindro. O manômetro envia à chave comutadora, instalada no painel do

veículo um sinal elétrico indicativo do volume de gás disponível no cilindro, informando ao usuário da necessidade de abastecimento.

I - Motor de passo: ou atuador de linha é responsável por controlar o ajuste da proporção ar-gás natural no coletor de admissão do motor. O motor de passo é instalado após o redutor de pressão e controla a vazão de gás através do sinal recebido da central eletrônica ou do simulador de sonda lambda. Peça indispensável para controlar o consumo de gás e a emissão de poluentes.

J - Sensor de Oxigênio: também conhecido como sonda lambda, gera um sinal elétrico proveniente da quantidade de oxigênio presente nos gases de escape, para que o módulo de injeção “ECU” altere o valor da quantidade do 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 do lado do sensor em contato com o gás do escapamento e o lado em contato com o ar ambiente gera uma diferença de potencial elétrico entre os eletrodos.

K – Misturador Ar-Gás Natural: funciona com o princípio do Venturi onde promove a mistura do ar com o gás natural. O Venturi é dimensionado em função de parâmetros como forma do escoamento, velocidade e pressão ao longo do perfil, ângulos de entradas e de saída e rugosidade da superfície do perfil, razão da mistura e densidade do ar e do gás, para que haja uma diferença de pressão ao longo do comprimento do misturador. A área de entrada deve ser suficiente para permitir a mistura ar-combustível adequada, limitando perdas de carga na admissão e prejudicando o consumo de combustível.

L – Cilindro de Gás Natural: o cilindro de GNV armazena o combustível comprimido a uma pressão de aproximadamente 220 kgf/cm<sup>2</sup>. O cilindro é fabricado e sofre ensaios específicos, é moldado a partir de tubos sem costura ou por embutimento em chapa plana, geralmente fabricados de aço liga de Cromo e Molibdênio. Existem também cilindros fabricados em Alumínio com reforço de fibra de carbono, mais leve, porém com alto custo.

O cilindro é fixado à carroceria do veículo por meio de suportes e cintas metálicas, cintas de borracha protegem o cilindro contra movimentos e um berço acomoda o cilindro seguindo

normas técnicas específicas. O cilindro ainda deve ser testado a cada 5 anos da data do último teste, marcado na calota do cilindro. O serviço consiste em:

- Re-testar o cilindro;
- Inspecionar a válvula do cilindro e dispositivos de segurança, substituindo-os se necessário;
- Jateamento e pintura do cilindro de gás natural veicular;

Para a conversão realizadas nos veículos de sistemas de injeção modernos é recomendável à utilização de um kit de conversão mais avançado e que atendam as normas legais de emissões de poluentes. Alguns componentes do sistema de conversão são comuns entre si, a recomendação é que se use conjuntos de um mesmo fabricante. A principal diferença dos sistemas de conversão em relação ao conjunto de conversão se 5º geração é a forma como o gás é injetado na câmara de combustão e o software que passa a atender a legislação OBD.

A injeção passa a ser feita com o uso de uma galeria de combustível, similar às galerias do combustível líquido. O injetor de gás ou o bico injetor como é popularmente conhecido é montado nessa galeria, que dependendo do fabricante do veículo usa-a originalmente na fabricação. A adoção de um sistema original de conversão ganha em qualidade e versatilidade fazendo com o que o veículo possa ser abastecido com gasolina, qualquer mistura de gasolina/álcool, gasolina E0 (sem adição de álcool) e GNV gerenciados em um único módulo de injeção. Por se tratar de um conjunto original, o sistema não precisa adicionar vários componentes ao sistema do veículo, como é feito nas conversões de um veículo que passa a rodar com GNV, ou seja, há uma vantagem na redução de custos em componentes integrados. A utilização de um único sistema de injeção possibilita a redução de custos com a unificação de componentes que atuam com qualquer tipo de combustível que o veículo esteja utilizando.

A Figura 5 abaixo demonstra um sistema de conversão original de fábrica em produção, usado em um determinado veículo de uma montadora nacional.

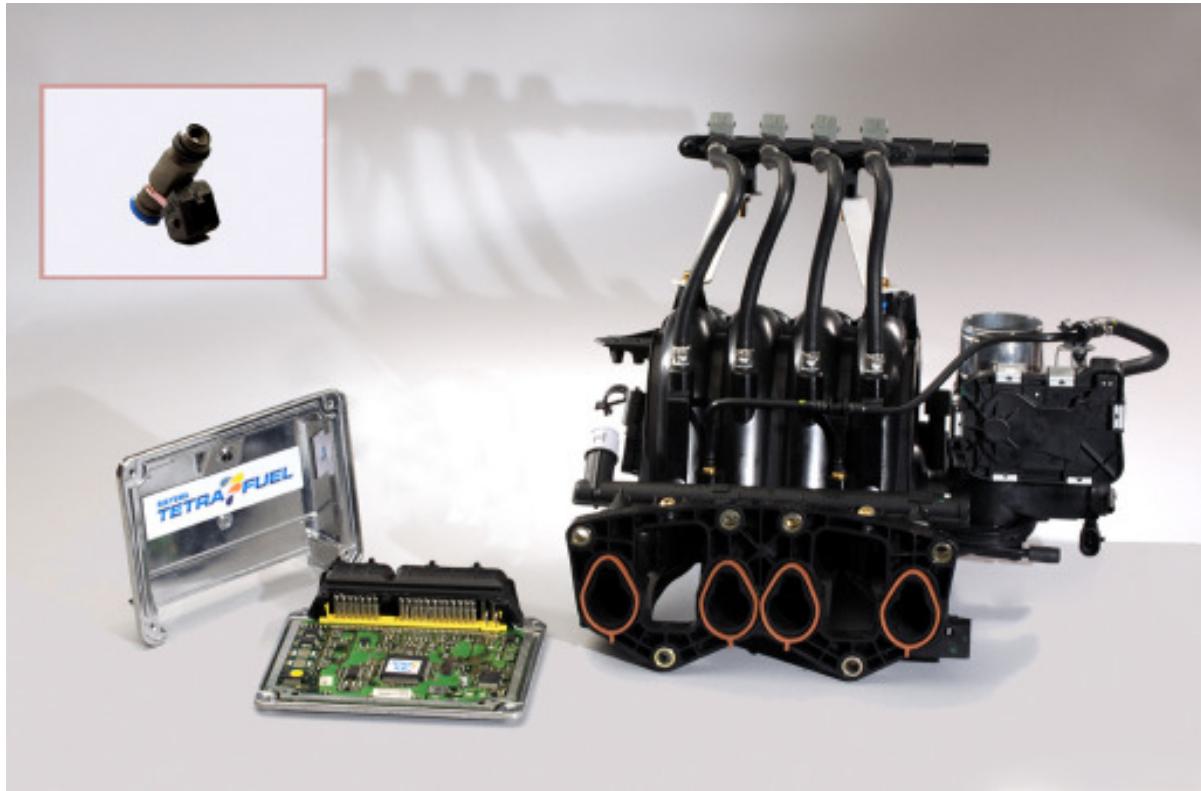


Figura 5 – Sistema de injeção de gás natural com galeria de injetores sequenciais (Fonte: Magneti Marelli)

#### 4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SISTEMAS DE CONVERSÃO

Segundo VALIENTE (2006) apesar das regulamentações impostas aos convertedores através do cadastro no CAGN, um número considerável de oficinas fazem instalações clandestinas fora da regulamentação exigidas pelo órgão competente. A redução no preço do sistema de conversão ou o aumento da margem de lucro põem em risco uma conversão com segurança. Podemos citar algumas irregularidades por oficinas “convertedoras”:

Instalação de componentes de diversos fabricantes, muitas vezes sem certificação. Algumas oficinas sem credenciamento usam componentes mesclados com custo relativamente menor do que o sistema completo de uma empresa credenciada.

Substituição de componentes por outro de característica técnica incorreta. Emuladores de válvulas substituídos por chave comutadora do tipo relé. Uso inadequado do misturador com dimensões inadequadas ao tipo de motor. Componentes com suas características modificadas ou substituídas por modelo inferior comprometem o desempenho do sistema de conversão assim como o desempenho do veículo.

É comum encontrar a retirada de componentes originais com certificação, ou a instalação de componentes inferiores às características dos veículos. Cada sistema de conversão foi projetado para atender as características específicas da tecnologia empregada em determinado ano do veículo. Sua alteração compromete a eficiência do sistema de conversão e a durabilidade do motor do veículo, entre elas:

Variador de avanço: O avanço aplicado no tempo incorreto compromete a qualidade da queima da mistura ar-gás natural, com a redução do rendimento térmico do motor. O avanço de ignição incorreto compromete também componentes mecânicos do motor como válvulas de cabeçote, sede de válvulas e sistema de exaustão. Vale lembrar que quando o motor volta a utilizar o combustível original, no caso, a gasolina, se o veículo for do tipo que possua distribuidor o valor de avanço alterado para funcionar com gás natural não serve para quando estiver operando com gás natural. A antecipação do avanço em motores a gasolina pode causar o fenômeno de “detonação” onde, ondas de pressão contrárias à combustão inicial se chocam elevando a pressão e temperatura da região da câmara de combustão, podendo causar danos sérios aos componentes do motor como pistões e cilindros.

Sistema de aquecimento de água do redutor de pressão do gás: algumas oficinas fazem o desligamento do sistema de passagem de água quente proveniente do motor para o redutor de pressão, o redutor pode congelar quando o gás é consumido. Com a água na temperatura de funcionamento do motor em aproximadamente 90°C o redutor tem funcionamento adequado, possibilitando que a injeção de gás natural seja adequada para o regime de funcionamento do motor, não comprometendo os valores de emissão de poluentes.

Instalações com componentes inadequados ao sistema operacional do veículo, ou seja, peças de um kit de 3º geração em um motor para usar kit de 5º geração podem comprometer fortemente a funcionalidade do sistema, causando problemas sérios quanto à eficiência térmica do motor. Incidentes de quebra de coletor de admissão de plástico são comuns quando

há instalação inadequada. O consumidor deve desconfiar de “kits” de baixo custo e informar-se qual o kit mais adequado ao sistema e ano de seu veículo.

O consumidor deve consultar se a oficina que ele escolheu está credenciada no CAGN e se possui um CRI- Certificado de Registro de Instalador, credenciado pelo INMETRO. A Figura 6 abaixo mostra um kit de 5º geração com seus principais componentes.

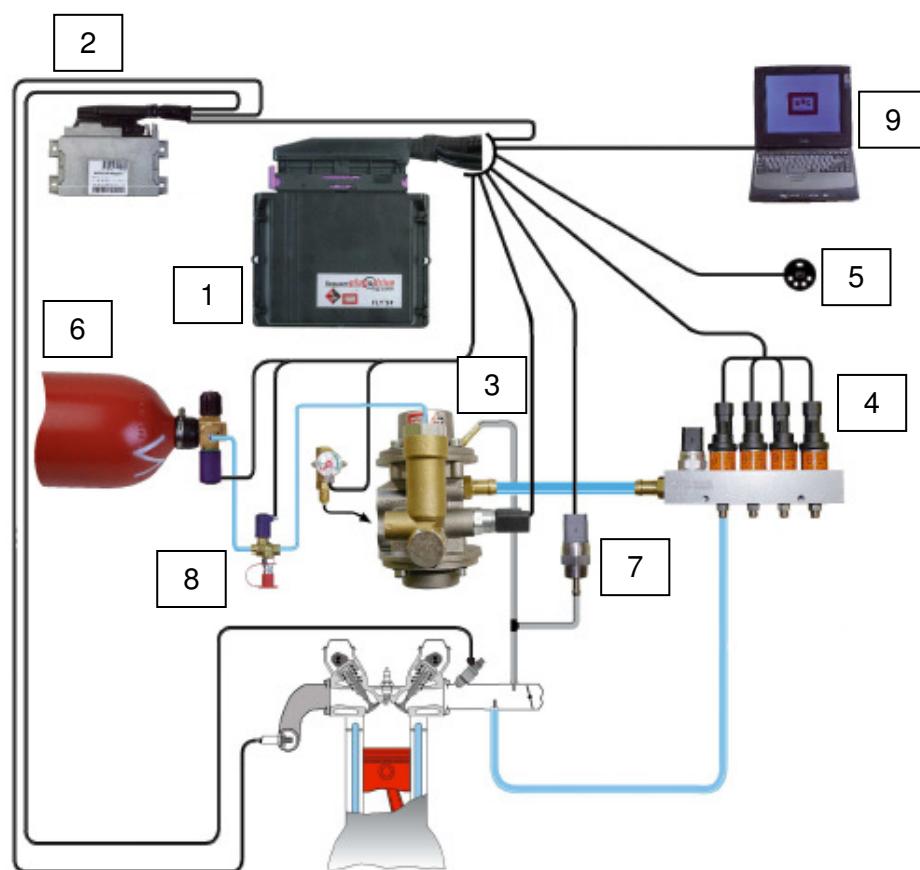


Figura 6 – Kit completo de conversão de 5º geração (FONTE: BRC)

1 – Módulo eletrônico do gás:

- Micro controlador automotivo
- Temperatura de operação: -40°C a 150°C
- Material resistente à imersão
- Respeita as normas automotivas de proteção e sinal de entrada/saída
- Tensão operativa: 8V a 16V com máximo de 24V
- Diagnostica sensores e atuadores compatíveis com EOBD
- Comunicação e reprogramação pela linha K

- CAN 2.0
- Controla até 8 injetores
- Corte e emulação de injetor integrado

2 – Módulo eletrônico original do veículo: Controla todas as funções do veículo para o uso do combustível líquido

3 – Redutor de gás natural: reduz a pressão de gás do cilindro e permite que o gás seja injetado no motor em uma pressão adequada.

- Dois estágios e membrana
- Pressão de alimentação de 2000 mbar relativa à pressão do coletor
- Não necessita operação de limpeza
- Potência máxima de operação com sistema compatível: 230 kW
- Delta P regulável entre 1600 mbar e 2500 mbar

Um redutor moderno assegura um ajuste preciso e estável da pressão, além de suprir gás nas mudanças de condições de operação do motor.

- 4 – Flauta com injetores: Permitem a montagem mais próxima da entrada do duto de admissão do cabeçote, melhorando sua eficiência de combustão. Os injetores possuem uma gama variada de vazão, o que permite uma escolha para cada tipo de motor.
- 5 – Chave comutadora: liga e desliga o sistema de gás, também mostra a quantidade de gás disponível do cilindro de gás. O sistema só funciona quando o motor atingir uma temperatura adequada ao funcionamento, ou seja, o veículo sempre partirá no combustível líquido.
- 6 – Cilindro de gás: armazena o gás em alta pressão e possui válvula de segurança contra vazamento e aumento de pressão. Pressão de ruptura aproximada de 500 bar.
- 7 – Sensor Map: monitora a pressão do coletor e suas variações.
- 8 – Válvula de abastecimento: permite o abastecimento do cilindro e encontra-se no compartimento do motor.
- 9 – Software de monitoramento: monitora todas as informações dos sensores e atuadores do gás natural, assim como permite a programação do módulo eletrônico do GNV.

Este sistema é o mais moderno na atualidade, recomendado para motores com injeção eletrônica multiponto, o funcionamento do combustível líquido para o gasoso pode ser feita com o veículo em movimento e de forma suave, não comprometendo a dirigibilidade.

## 5 ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo LEROY (2008), um dos aspectos relevantes na adoção do GNV como combustível substituto aos combustíveis líquidos conhecidos (álcool e gasolina) é a economia gerada no quilômetro rodado. Quanto maior for à quilometragem rodada pelo usuário, mais rápido será o retorno do investimento da conversão que varia em torno de R\$3.000,00 a R\$5.000,00, dependendo da geração do kit instalado.

Outro fator importante mencionado em artigos especializados em conversão de GNV é a redução no custo de manutenção e lubrificação, fator importante no custo operacional de uma empresa que possua vários veículos movidos a GNV. O custo da conversão do veículo também deve ser considerado no cálculo de viabilidade da instalação, já que o veículo deverá receber o kit de conversão para que o motor passe a operar usando o gás natural veicular.

Para que o consumidor tenha um retorno financeiro concreto, todos os fatores mencionados anteriormente devem ser esclarecidos e mensurados. A desinformação é um fator constante aos possíveis usuários de GNV no momento de converter seu veículo ou não.

A Tabela 10 mostra a variação do preço da gasolina do tipo C no período de 2002-2011 nas diversas regiões do Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustível (2012).

É possível verificar aproximadamente 57,4% de aumento no preço da gasolina do tipo C no Brasil, constatamos uma variação de região para região que é fator decisivo para usuários de veículos com motor flexível (usa gasolina e álcool em qualquer proporção).

Tabela 10 – Preço médio da Gasolina C ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 (FONTE: ANP, 2012).

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Preço médio <sup>1</sup> da gasolina C ao consumidor (R\$/litro)									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Brasil</b>	<b>1,735</b>	<b>2,072</b>	<b>2,082</b>	<b>2,340</b>	<b>2,552</b>	<b>2,508</b>	<b>2,500</b>	<b>2,511</b>	<b>2,566</b>	<b>2,731</b>
<b>Região Norte</b>	<b>1,856</b>	<b>2,212</b>	<b>2,259</b>	<b>2,525</b>	<b>2,666</b>	<b>2,597</b>	<b>2,647</b>	<b>2,692</b>	<b>2,743</b>	<b>2,845</b>
Rondônia	1,990	2,360	2,368	2,570	2,731	2,680	2,709	2,682	2,769	2,960
Acre	1,950	2,438	2,433	2,661	2,944	2,920	2,966	2,967	2,985	3,113
Amazonas	1,753	2,015	2,112	2,569	2,562	2,467	2,442	2,567	2,613	2,776
Roraima	1,694	2,015	2,083	2,560	2,856	2,635	2,691	2,699	2,833	2,836
Pará	1,881	2,240	2,299	2,461	2,660	2,631	2,745	2,756	2,765	2,818
Amapá	1,874	2,296	2,238	2,459	2,584	2,438	2,613	2,713	2,849	2,797
Tocantins	1,815	2,225	2,202	2,504	2,750	2,727	2,739	2,735	2,824	2,911
<b>Região Nordeste</b>	<b>1,750</b>	<b>2,096</b>	<b>2,133</b>	<b>2,385</b>	<b>2,650</b>	<b>2,611</b>	<b>2,596</b>	<b>2,582</b>	<b>2,636</b>	<b>2,705</b>
Maranhão	1,769	2,108	2,065	2,348	2,735	2,726	2,650	2,598	2,583	2,648
Piauí	1,706	2,139	2,175	2,433	2,517	2,560	2,601	2,565	2,518	2,656
Ceará	1,724	2,074	2,202	2,443	2,699	2,611	2,571	2,536	2,633	2,720
Rio Grande do Norte	1,708	2,082	2,097	2,336	2,623	2,547	2,588	2,593	2,675	2,717
Paraíba	1,760	2,094	2,063	2,339	2,590	2,527	2,453	2,416	2,446	2,560
Pernambuco	1,723	2,051	2,101	2,367	2,641	2,602	2,597	2,572	2,616	2,674
Alagoas	1,793	2,204	2,204	2,556	2,802	2,805	2,760	2,694	2,726	2,825
Sergipe	1,651	2,042	2,047	2,323	2,548	2,518	2,521	2,551	2,607	2,727
Bahia	1,814	2,134	2,143	2,374	2,643	2,613	2,616	2,637	2,714	2,753
<b>Região Sudeste</b>	<b>1,704</b>	<b>2,023</b>	<b>2,023</b>	<b>2,259</b>	<b>2,478</b>	<b>2,451</b>	<b>2,444</b>	<b>2,447</b>	<b>2,514</b>	<b>2,712</b>
Minas Gerais	1,691	2,028	2,040	2,257	2,488	2,459	2,449	2,443	2,516	2,789
Espírito Santo	1,759	2,123	2,113	2,361	2,624	2,622	2,627	2,631	2,686	2,869
Rio de Janeiro	1,713	2,120	2,095	2,338	2,561	2,532	2,547	2,566	2,649	2,835
São Paulo	1,703	1,989	1,986	2,231	2,442	2,414	2,403	2,402	2,463	2,642
<b>Região Sul</b>	<b>1,777</b>	<b>2,157</b>	<b>2,163</b>	<b>2,438</b>	<b>2,610</b>	<b>2,516</b>	<b>2,506</b>	<b>2,522</b>	<b>2,571</b>	<b>2,721</b>
Paraná	1,713	2,054	2,063	2,291	2,500	2,439	2,413	2,472	2,530	2,678
Santa Catarina	1,791	2,193	2,173	2,424	2,573	2,542	2,536	2,533	2,578	2,725
Rio Grande do Sul	1,832	2,240	2,231	2,573	2,723	2,564	2,567	2,558	2,602	2,755
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>1,748</b>	<b>2,122</b>	<b>2,180</b>	<b>2,430</b>	<b>2,656</b>	<b>2,616</b>	<b>2,585</b>	<b>2,653</b>	<b>2,659</b>	<b>2,831</b>
Mato Grosso do Sul	1,767	2,149	2,245	2,560	2,755	2,711	2,709	2,668	2,649	2,729
Mato Grosso	1,886	2,367	2,453	2,751	2,952	2,896	2,754	2,725	2,772	2,892
Goiás	1,722	2,059	2,075	2,354	2,576	2,526	2,507	2,587	2,555	2,849
Distrito Federal	1,713	2,096	2,091	2,330	2,596	2,572	2,554	2,680	2,714	2,832

Nota: Preços em valores correntes.

<sup>1</sup>A partir de novembro de 2004, o cálculo dos preços médios passou a ser ponderado com base nas vendas informadas pelas distribuidoras.

Seguindo dados fornecidos pela ANP, a Tabela 11 mostra a variação do preço do etanol hidratado no período de 2002-2011 nas diversas regiões do Brasil.

Tabela 11 – Preço médio do etanol hidratado ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 (FONTE: ANP, 2012).

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Preço médio <sup>1</sup> do etanol hidratado combustível ao consumidor (R\$/litro)									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Brasil</b>	<b>1,038</b>	<b>1,347</b>	<b>1,212</b>	<b>1,385</b>	<b>1,634</b>	<b>1,448</b>	<b>1,445</b>	<b>1,485</b>	<b>1,669</b>	<b>1,996</b>
<b>Região Norte</b>	<b>1,311</b>	<b>1,764</b>	<b>1,644</b>	<b>1,838</b>	<b>2,137</b>	<b>1,894</b>	<b>1,900</b>	<b>1,894</b>	<b>2,067</b>	<b>2,303</b>
Rondônia	1,306	1,727	1,585	1,815	2,138	1,899	1,861	1,856	2,065	2,374
Acre	1,360	1,819	1,769	1,946	2,259	2,067	2,100	2,114	2,408	2,486
Amazonas	1,228	1,616	1,497	1,831	2,046	1,771	1,780	1,815	2,031	2,288
Roraima	1,363	1,751	1,624	2,041	2,233	2,057	2,140	2,157	2,312	2,451
Pará	1,356	1,931	1,877	2,020	2,322	2,129	2,152	2,095	2,130	2,345
Amapá	1,382	1,949	1,873	2,016	2,186	2,001	2,138	2,016	2,182	2,282
Tocantins	1,236	1,559	1,373	1,634	2,024	1,742	1,744	1,729	1,889	2,112
<b>Região Nordeste</b>	<b>1,145</b>	<b>1,534</b>	<b>1,435</b>	<b>1,678</b>	<b>1,911</b>	<b>1,718</b>	<b>1,761</b>	<b>1,746</b>	<b>1,899</b>	<b>2,148</b>
Maranhão	1,260	1,728	1,624	1,817	2,067	1,869	1,802	1,778	1,914	2,186
Piauí	1,261	1,711	1,634	1,922	2,124	1,918	1,913	1,885	1,998	2,278
Ceará	1,158	1,557	1,426	1,670	1,919	1,735	1,819	1,803	1,907	2,132
Rio Grande do Norte	1,123	1,582	1,401	1,654	1,885	1,651	1,806	1,828	1,957	2,216
Paraíba	1,103	1,479	1,400	1,635	1,892	1,730	1,758	1,692	1,849	2,100
Pernambuco	1,062	1,414	1,332	1,585	1,847	1,625	1,697	1,681	1,861	2,111
Alagoas	1,084	1,439	1,330	1,670	1,951	1,773	1,805	1,765	1,965	2,262
Sergipe	1,148	1,525	1,424	1,740	2,047	1,895	1,833	1,768	1,932	2,216
Bahia	1,213	1,598	1,491	1,707	1,861	1,692	1,702	1,728	1,877	2,095
<b>Região Sudeste</b>	<b>0,962</b>	<b>1,246</b>	<b>1,087</b>	<b>1,273</b>	<b>1,531</b>	<b>1,369</b>	<b>1,358</b>	<b>1,405</b>	<b>1,600</b>	<b>1,937</b>
Minas Gerais	1,061	1,435	1,333	1,568	1,912	1,688	1,631	1,655	1,847	2,152
Espírito Santo	1,111	1,379	1,235	1,546	1,974	1,803	1,768	1,842	2,035	2,377
Rio de Janeiro	1,065	1,404	1,281	1,563	1,875	1,695	1,685	1,710	1,872	2,242
São Paulo	0,893	1,132	0,972	1,180	1,421	1,273	1,273	1,326	1,524	1,865
<b>Região Sul</b>	<b>1,095</b>	<b>1,412</b>	<b>1,302</b>	<b>1,523</b>	<b>1,791</b>	<b>1,554</b>	<b>1,533</b>	<b>1,582</b>	<b>1,762</b>	<b>2,111</b>
Paraná	0,950	1,234	1,156	1,392	1,657	1,444	1,407	1,471	1,628	1,966
Santa Catarina	1,150	1,485	1,375	1,621	1,823	1,708	1,698	1,731	1,960	2,342
Rio Grande do Sul	1,223	1,572	1,425	1,810	2,166	1,765	1,780	1,800	2,010	2,370
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>1,121</b>	<b>1,446</b>	<b>1,373</b>	<b>1,594</b>	<b>1,846</b>	<b>1,593</b>	<b>1,661</b>	<b>1,675</b>	<b>1,797</b>	<b>2,070</b>
Mato Grosso do Sul	1,114	1,474	1,435	1,653	1,943	1,728	1,738	1,738	1,825	2,081
Mato Grosso	1,165	1,559	1,507	1,738	1,995	1,514	1,425	1,440	1,708	1,959
Goiás	1,060	1,368	1,255	1,455	1,687	1,461	1,547	1,568	1,600	1,973
Distrito Federal	1,218	1,517	1,481	1,665	1,905	1,695	1,829	1,842	2,015	2,205

Nota: Preços em valores correntes.

<sup>1</sup>A partir de novembro de 2004, o cálculo dos preços médios passou a ser ponderado com base nas vendas informadas pelas distribuidoras.

É possível verificar aproximadamente 92,36% de aumento no preço do etanol hidratado no Brasil no período de 2002 a 2011, também foi constatada uma variação de região para região que é fator decisivo para usuários de veículos com motor flexível (usa gasolina e etanol em qualquer proporção). O aumento do etanol hidratado foi bem maior que o da gasolina do tipo C, isso nos mostra a alteração do preço devido a fatores políticos onde o país prefere exportar açúcar com preço de mercado em alta a produzir etanol hidratado. Esse fato proporciona aos consumidores a necessidade da escolha de um combustível com o custo mais adequado, isso só é possível para os que possuem veículos com motores flexíveis.

É importante salientar como os preços dos combustíveis líquidos aumentaram de forma abrupta durante esses anos, fato que para muitos compromete sua renda familiar. Nesse sentido, o fator econômico do gás natural não pode ser menosprezado e mesmo com a dependência de incentivos governamentais veremos que seu custo torna-se interessante mediante as políticas conturbadas dos combustíveis convencionais.

Nesse sentido vamos avaliar a Tabela 12 que mostra a variação do preço do gás natural veicular no período de 2002-2011 nas diversas regiões do Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustível (2012).

Tabela 12 – Preço médio do GNV ao consumidor, segundo as Regiões da Federação – 2002 a 2011 (Fonte: ANP, 2012).

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Preço médio <sup>1</sup> do GNV ao consumidor (R\$/m <sup>3</sup> )									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Brasil</b>	<b>0,822</b>	<b>1,061</b>	<b>1,083</b>	<b>1,145</b>	<b>1,250</b>	<b>1,329</b>	<b>1,562</b>	<b>1,633</b>	<b>1,599</b>	<b>1,602</b>
<b>Região Norte</b>	-	<b>1,031</b>	-	<b>1,363</b>	<b>1,399</b>	<b>1,399</b>	<b>1,399</b>	<b>1,492</b>	<b>1,582</b>	<b>1,650</b>
Rondônia	-	-	-	1,219	-	-	-	2,676	-	-
Acre	-	-	-	-	-	-	-	2,350	2,280	-
Amazonas	-	-	-	1,399	1,399	1,399	1,399	1,492	1,582	1,650
Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pará	-	1,031	-	-	-	-	2,095	2,305	1,951	2,105
Amapá	-	-	-	-	-	-	-	2,400	1,865	-
Tocantins	-	-	-	-	-	-	2,155	-	-	-
<b>Região Nordeste</b>	<b>0,832</b>	<b>1,106</b>	<b>1,132</b>	<b>1,219</b>	<b>1,364</b>	<b>1,494</b>	<b>1,723</b>	<b>1,752</b>	<b>1,778</b>	<b>1,780</b>
Maranhão	-	-	-	1,899	1,560	1,850	2,050	2,095	1,990	-
Piauí	-	-	1,396	1,398	-	-	1,985	1,749	1,846	2,000
Ceará	0,822	1,124	1,183	1,241	1,390	1,451	1,715	1,705	1,760	1,826
Rio Grande do Norte	0,817	1,065	1,100	1,192	1,316	1,440	1,711	1,748	1,804	1,923
Paraíba	0,824	1,126	1,154	1,290	1,411	1,609	1,695	1,756	1,838	1,805

Pernambuco	0,868	1,150	1,087	1,232	1,421	1,543	1,771	1,755	1,717	1,700
Alagoas	0,794	1,038	1,089	1,188	1,386	1,546	1,779	1,805	1,771	1,774
Sergipe	0,823	1,153	1,169	1,237	1,310	1,462	1,741	1,787	1,855	1,826
Bahia	0,794	1,036	1,093	1,210	1,328	1,480	1,685	1,757	1,772	1,666
<b>Região Sudeste</b>	<b>0,812</b>	<b>1,033</b>	<b>1,065</b>	<b>1,113</b>	<b>1,198</b>	<b>1,264</b>	<b>1,507</b>	<b>1,596</b>	<b>1,545</b>	<b>1,541</b>
Minas Gerais	0,873	1,021	1,123	1,297	1,506	1,527	1,668	1,677	1,649	1,645
Espírito Santo	0,819	1,070	1,135	1,177	1,255	1,399	1,648	1,767	1,802	1,840
Rio de Janeiro	0,823	1,073	1,082	1,101	1,155	1,266	1,558	1,543	1,557	1,662
São Paulo	0,781	0,993	1,022	1,080	1,187	1,188	1,382	1,642	1,480	1,308
<b>Região Sul</b>	<b>0,943</b>	<b>1,229</b>	<b>1,197</b>	<b>1,305</b>	<b>1,484</b>	<b>1,548</b>	<b>1,682</b>	<b>1,683</b>	<b>1,652</b>	<b>1,737</b>
Paraná	0,945	1,178	1,196	1,243	1,407	1,453	1,532	1,551	1,495	1,554
Santa Catarina	0,967	1,205	1,199	1,276	1,427	1,499	1,659	1,634	1,688	1,785
Rio Grande do Sul	0,933	1,297	1,194	1,339	1,586	1,651	1,785	1,806	1,695	1,783
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>-</b>	<b>1,079</b>	<b>1,116</b>	<b>1,245</b>	<b>1,519</b>	<b>1,586</b>	<b>1,677</b>	<b>1,749</b>	<b>1,752</b>	<b>1,755</b>
Mato Grosso do Sul	-	1,079	1,116	1,245	1,528	1,586	1,677	1,749	1,752	1,755
Mato Grosso	-	-	-	-	1,401	1,503	1,573	1,776	1,613	1,571
Goiás	-	-	-	1,590	-	1,490	1,650	1,890	1,960	2,100
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	1,992	2,030	-

Nota: Preços em valores correntes.

<sup>1</sup>A partir de novembro de 2004, o cálculo dos preços médios passou a ser ponderado com base nas vendas informadas pelas distribuidoras.

Foi observado aproximadamente 94,99% de aumento no preço do GNV no Brasil no período de 2002 a 2011, também foi constatada uma variação de região para região que é fator decisivo para usuários de veículos com motor flexível (usa gasolina e álcool em qualquer proporção). O aumento do etanol hidratado foi bem maior que o da gasolina do tipo C, isso nos mostra a alteração do preço devido a fatores políticos onde o país prefere exportar açúcar com preço de mercado em alta a produzir etanol hidratado. Esse fato proporciona aos consumidores a necessidade da escolha de um combustível com o custo mais adequado, isso só é possível para os que possuem veículos com motores flexíveis.

## 5.1 AMORTIZAÇÃO DE INVESTIMENTO DO SISTEMA DE CONVERSÃO

Somente a Fiat comercializa um veículo movido a GNV originalmente no Brasil. Um veículo que sai de fábrica convertido com GNV tem garantido que o sistema instalado atende a inúmeras normas de qualidade e segurança da montadora e dos órgãos regulamentadores. Para o usuário a questão do retorno do dinheiro investido é fator decisivo na escolha de se converter o carro, ou ainda, se comprar um carro original de fábrica movido a GNV ou não. A

Tabela 13 demonstra um comparativo de custos do GNV com os demais combustíveis, levando em consideração um usuário que rode em média 200 km por dia, com um veículo de porte médio normalmente usado por taxistas. Os preços considerados são os aplicados em postos da cidade de São Paulo.

Tabela 13 – Estimativas de custos para cada tipo de combustíveis (Fonte: Elaboração Própria).

Combustível	Consumo	Consumo (200km/dia)	Preço (R\$)	Gasto/dia	Custo/km	Custo/mensal
GNV (m <sup>3</sup> )	14	14,3	R\$ 1,80	R\$ 25,70	R\$ 0,13	R\$ 771,00
Gasolina C	12	16,7	R\$ 2,60	R\$ 43,32	R\$ 0,22	R\$ 1.299,50
Etanol	9	22,2	R\$ 1,73	R\$ 38,42	R\$ 0,19	R\$ 1.152,67

Para um usuário que rode em média 200 km/dia durante 30 dias e considerando o custo do kit de conversão em torno de R\$4.500,00 (geração 5), pode se dizer que em aproximadamente 6 meses terá seu gasto com a conversão amortizada. Essa estimativa irá variar de acordo com cada região do país, os preços praticados variam de Estado para Estado.

Portanto, diversos fatores devem ser considerados na estimativa apresentada na Tabela 11 para amortização do investimento realizado pelo consumidor no momento da instalação do Sistema de Conversão:

**Preços dos Combustíveis – Gasolina, Etanol e GNV:** É dado da média nacional averiguadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Bicombustíveis. Algumas regiões brasileiras possuem diferenciação na prática de preços de determinados combustíveis, o que varia os resultados na estimativa de amortização do investimento.

A estimativa considera o consumo de um veículo médio não informando a marca e modelo. O consumo de combustível varia de acordo com o usuário e o modo de dirigir como também o ciclo que o veículo roda, cidade, estrada ou misto. Essas diferenças impactam na estimativa de amortização em função da distância percorrida.

O tempo de retorno do investimento no Sistema de Conversão está diretamente relacionado com a distância percorrida pelo veículo em função do tempo. Alguns usuários como taxistas e frotistas tendem a ter o tempo de amortização reduzido devido à média elevada de distância percorrida.

A valorização de mercado obtida com o veículo convertido, no momento da venda, gera amortização parcial do investimento no equipamento. O usuário pode ainda transferir todo o sistema de conversão para um novo veículo, desde que as características técnicas dos veículos permitam a instalação, local para o cilindro e bicos injetores. Essa valorização está muito atrelada ao comportamento do mercado aos veículos movidos a GNV, em alguns casos podemos ter o efeito contrário, e o preço do veículo ser demeritado por ter um kit de GNV.

A manutenção do mercado de Gás Natural para veículos leves tem dependência direta dos aspectos econômicos e políticos nacionais, devido ao gás natural ser um combustível opcional ao etanol e a gasolina. Essa política está a cargo dos Estados brasileiros, que são os responsáveis pela regulação e distribuição de Gás Natural. A Portaria Interministerial N°03 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 nas distribuidoras estaduais pela Petrobrás. Nesse caso a Petrobrás é responsável pelos custos da promoção de política de incentivo ao uso veicular, em relação a outras aplicações de Gás Natural, residencial, industrial ou comercial.

Uma iniciativa do governo para contribuir com a manutenção dos preços do Gás Natural Veicular foi permitir que os postos de combustíveis possam adquirir Gás Natural de qualquer distribuidora no mercado. Essa política cria um cenário competitivo, pois, na legislação anterior obrigava os postos a adquirir o gás de sua correspondente distribuidora. Com relação ao ICMS – Imposto sobre circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços, a maioria dos Estados aplica a alíquota de apenas 12% sobre o GNV, enquanto o etanol e a gasolina são tributados entre 25% e 30%. O não recolhimento da CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico.

Para o consumidor, há uma dificuldade no fator de decisão no momento da escolha de se usar o GNV. Informações equívocadas ou a própria falta de informações compromete o fator de decisão do usuário. A redução nos custos operacionais do veículo em relação ao etanol e a gasolina é o principal atrativo para as conversões veiculares. As conversões normalmente vêm de frotistas e taxistas e de uma parcela de consumidores comuns, os primeiros devido as grandes distâncias percorridas em um curto período de tempo. A divulgação pelos consumidores da vantagem econômica que variam da ordem de 60% a 70% tem grande apelo mercadológico e é bastante utilizado pela imprensa e pelos convertedores. Os fatores determinantes para a vantagem econômica da conversão são: a distância média percorrida, o

nível de tecnologia do sistema de conversão, o próprio sistema de injeção eletrônica do veículo, a taxa de compressão do motor e o preço médio do combustível na região de abastecimento.

## 6 ASPECTOS AMBIENTAIS

Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2012) a poluição do ar nas áreas metropolitanas tem se mostrado uma das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes, fato que preocupa toda a humanidade. Os veículos automotores são os principais causadores dessa poluição. Nos grandes centros urbanos das principais cidades do mundo a concentração de poluentes provenientes de gases de escapamento vem causando grandes danos à saúde. Estudos levantados nos Estados Unidos no estado da Califórnia verificou-se que os Hidrocarbonetos (HC) reagiam com os Óxidos de Nitrogênio (NOx) através da radiação solar, formando substâncias irritantes aos olhos como Peroxiacilnitrato (PAN) e Ozônio (O<sub>3</sub>). Em uma pesquisa similar feita também nos Estados Unidos com veículos da década de 50, resultou que os veículos emitem 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 (NOx). Anos depois a legislação do país restringia valores acima de 2,04 g/km de (CO), 0,15 g/km de (HC) e 0,24 g/km de (NOx), valores equivalentes a 4%, 2% e 10% dos emitidos nos anos 50.

O Estado de São Paulo particularmente enfrenta uma situação preocupante por deter cerca de 40% da frota automotiva do país. Segundo dados da PRODESP – Companhia de Processamento de Dados de São Paulo, a frota motorizada no Estado de São Paulo, em dezembro de 2007, é de aproximadamente 16,9 milhões de veículos. A frota da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) representa cerca de 8,5 milhões de veículos.

O monóxido de carbono (CO) é uma substância inodora, insípida e incolor, no sangue pode reduzir sua oxigenação.

Os óxidos de nitrogênio (NOx) são uma combinação de nitrogênio e oxigênio que se formam em razão da alta temperatura na câmara de combustão – participa na formação de dióxido de nitrogênio e na formação do “smog” fotoquímico.

Os hidrocarbonetos (HC) são combustíveis não queimados ou parcialmente queimados expelidos pelo motor de combustão – alguns tipos de hidrocarbonetos reagem na atmosfera promovendo a formação do “smog” fotoquímico.

A fuligem (partículas sólidas e líquidas), conhecida como material particulado (MP), devido ao seu tamanho pequeno, mantém-se suspensa na atmosfera e pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e ocasionar:

- mal estar;
- irritação dos olhos, garganta, pele, etc;
- dor de cabeça, enjoô;
- bronquite;
- asma;
- câncer do pulmão;

## **6.1 PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR**

O controle de poluição do ar no Brasil foi criado inicialmente para se conhecer os níveis de emissões da frota brasileira, para que futuramente passassem a ter seus níveis de emissões dentro de um padrão estabelecido pelo órgão competente. A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental é o órgão técnico conveniado pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis para assuntos relacionados à homologação de veículos, além de ser o órgão responsável de programar e controlar o PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.

A CETESB adotou medidas adaptando metodologias internacionais e desenvolveu fundamentos técnicos para redução e controle da poluição do ar. Já em 1986 o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente criou a Resolução N°18, denominada PROCONVE.

O PROCONVE foi ainda complementado por outras Resoluções do CONAMA, como a publicação no Diário Oficial da União da Lei Federal n° 8723 em 29 de Outubro de 1993,

definindo limites máximos de emissão de poluentes em veículos leves. A Tabela 14 abaixo apresenta os fatores médios de emissão de veículos leves novos.

Tabela 14 – Fatores médios de emissão de veículos leves novos (Fonte: CETESB, 2012).

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	4,7	1,2	0,05	Nd
1980 - 1983	Gasolina C	33	3	1,4	0,05	Nd
	Álcool	18	1,6	1	0,16	Nd
1984 - 1985	Gasolina C	28	2,4	1,6	0,05	23
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10
1986 - 1987	Gasolina C	22	2	1,9	0,04	23
	Álcool	16	1,6	1,8	0,11	10
1988	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10
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 (2)	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	Nd
2003 (3)	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	1,09 (-93%)	0,019 (-89%)	Nd
	Flex-Gasolina C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	Nd
	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	Nd
2004 (4)	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-Gasolina 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
2005 (5)	Gasolina C	0,34 (-99%)	0,10 (-96%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,90 (-96%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	Nd
	Flex-Gasolina C	0,45 (-98%)	0,11 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	Nd
	Flex-Álcool	0,39 (-98%)	0,14 (-91%)	0,10 (-92%)	0,014 (-92%)	Nd
2006 (6)	Gasolina C	0,33 (-99%)	0,08 (-96%)	0,08 (-95%)	0,002 (-96%)	0,46 (-98%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,12 (-93%)	0,05 (-96%)	0,014 (-92%)	Nd
	Flex-Gasolina C	0,48 (-98%)	0,10 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	0,62 (-97%)
	Flex-Álcool	0,47 (-98%)	0,11 (-95%)	0,07 (-96%)	0,014 (-92%)	1,27 (-87%)
2007 (7)	Gasolina C	0,33 (-99%)	0,08 (-96%)	0,08 (-95%)	0,002 (-96%)	0,46 (-98%)
	Álcool (8)	nd	nd	nd)	nd	Nd
	Flex-Gasolina C	0,48 (-98%)	0,10 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	0,62 (-97%)
	Flex-Álcool	0,47 (-98%)	0,11 (-95%)	0,07 (-96%)	0,014 (-92%)	1,27 (-87%)
2008	Gasolina C	0,37 (-99%)	0,042 (98%)	0,039 (98%)	0,0014 (-97%)	0,66 (-97%)
	Álcool (8)	nd	nd	nd)	nd	Nd
	Flex-Gasolina C	0,51 (-98%)	0,069 (97%)	0,041 (97%)	0,0020 (-96%)	0,42 (-98%)
	Flex-Álcool	0,71 (-96%)	0,052 (97%)	0,048 (96%)	0,01524 (92%)	1,10 (-89%)
	Diesel (9)	0,3	0,06	0,75	nd	Nd

1- Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo seu volume de produção.

2- Para os modelos a gasolina predominam motores de 1,0 L; para os a álcool, de 1,5 L à 1,8 L. 3

3- Para os modelos a gasolina predominam motores de 1,0 L; para os a álcool, de 1,0 L à 1,8 L. Nos veículos tipo flex fuel, predominam motores de 1,0 L e 1,8 L. Parte da produção destes veículos foi ensaiada com gasolina C e parte com álcool carburante. As maiores diferenças devido às cilindradas dos motores são sentidas no CO2. 4

- 4- Para os modelos a gasolina há motores entre 1,0 L e 2,0 L; para os a álcool, 1,0 L. Nos veículos tipo flex fluel, predominam 1,6 L e 1,8 L. Parte da produção destes veículos foi ensaiada com gasolina C e parte com álcool carburante. As maiores diferenças devido às cilindradas dos motores são sentidas no CO2.
- 5- Para os modelos a gasolina há motores entre 1,0 L e 2,0 L; para os a álcool, 1,0 L. Para os veículos tipo flex fluel, predominam motores entre 1,0 L e 1,8 L. Parte da produção destes veículos foi ensaiada com gasolina C e parte com álcool carburante. As maiores diferenças devido às cilindradas dos motores são sentidas no CO2. 6
- 6- Para os modelos a gasolina há motores entre 1,0 L e 2,0 L; os modelos a álcool foram descontinuados, osvalores são de um único modelo de 1,8 L com produção da ordem de 500 unidades. Para os veículos tipo flex fluel há motores entre 1,0 L e 2,0 L. As maiores diferenças devido às cilindradas dos motores são sentidas no CO2.
- 7- Repetidos os valores de 2006, por não estarem ainda disponíveis os de 2007.
- 8- Os modelos dedicados a álcool foram descontinuados em 2007.
- 9- Veículos leves comerciais a diesel ensaiados em dinamômetros de chassi.  
(Fator de Emissão de Material Particulado = 0,057g/km e Opacidade em Aceleração Livre = 0,12 (1/m).

As fases do PROCONVE podem ser observadas logo a seguir juntamente com o Gráfico 7 mostrando os limites a serem respeitados.

PROCONVE – Fase 1 (L1) – 1988

PROCONVE – Fase 2 (L2) – 1992

PROCONVE – Fase 3 (L3) – 1997

PROCONVE – Fase 4 (L4) – 2005 para 40% dos veículos comercializados

2006 para 70% dos veículos comercializados

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

PROCONVE – Fase 5 (L5) – 2009

PROCONVE – Fase 6 (L6) – 2013 (Diesel Leve)

2014 (Ottos novos Mod.)

2015 (Otto 100%)

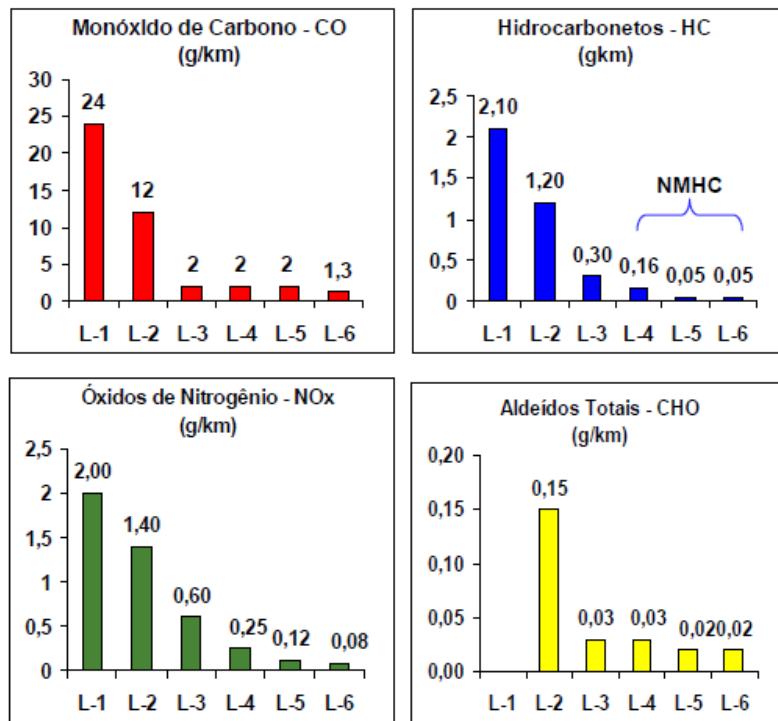


Gráfico 7 – Limites de emissões até a fase PROCONVE L-6 (Fonte: CETESB, 2012).

A Tabela 15 mostra os limites máximos de emissão de Poluentes para veículos automotores leves de passageiros.

Tabela 15 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos automotores leves de passageiros (Fonte: IBAMA, 2012).

POLUENTES	LIMITES	
	Fase L-5	Fase L-6 <sup>(1)</sup>
	Desde 1º/1/2009	A partir de 1º/1/2014
monóxido de carbono (CO em g/km)	2	1,3
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30 <sup>(2)</sup>	0,30 <sup>(2)</sup>
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	0,05	0,05
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,12 <sup>(3)</sup> ou 0,25 <sup>(4)</sup>	0,08
material particulado <sup>(4)</sup> (MP em g/km)	0,05	0,025
aldeídos <sup>(3)</sup> (CHO g/km)	0,02	0,02

emissão evaporativa (g/ensaio)	2	1,5 <sup>(6)</sup> ou 2,0 <sup>(5)(6)</sup>
emissão de gás no cárter	nula	nula

(1) Em 2014 -> para todos os novos lançamentos

A partir de 2015 -> para todos os veículos comercializados

(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(5) Aplicável aos ensaios realizados em câmera selada de volume variável

(6) Aplicado a todos os veículos a partir de 1º/1/2012

A Tabela 16 apresenta os limites máximos de poluentes para veículos leves comerciais e com massa de referência menor que 1700 kg.

Tabela 16 - Limites máximos de poluentes para veículos leves comerciais e com massa de referência menor que 1700 kg. (Fonte: IBAMA, 2012).

POLUENTES	LIMITES		
	Fase L-4 <sup>(1)</sup>	Fase L-5	Fase L-6 <sup>(2)</sup>
	Desde 1º/1/2005	Desde 1º/1/2009	A partir de 1º/1/2012
monóxido de carbono (CO em g/km)	2	2	1,3
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30 <sup>(3)</sup>	0,30 <sup>(3)</sup>	0,30 <sup>(3)</sup>
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	0,16	0,05	0,05
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,25 <sup>(4)</sup> ou 0,60 <sup>(5)</sup>	0,12 <sup>(4)</sup> ou 0,25 <sup>(5)</sup>	0,08
material particulado <sup>(5)</sup> (MP em g/km)	0,08	0,05	0,03
aldeídos <sup>(4)</sup> (CHO g/km)	0,03	0,02	0,02
emissão evaporativa <sup>(4)</sup> (g/ensaio)	2	2	1,5 <sup>(7)</sup> ou 2,0 <sup>(6)(7)</sup>
emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

---

(1) Permanece em vigor nos anos de 2009, 2010 e 2011, somente para os veículos Diesel, por força de Acordo Judicial homologado pelo Juízo federal no estado de São Paulo

(2) Em 2012 -> Inicia para os veículos Diesel dos signatários do Acordo Judicial;

A partir de 2013 -> para todos os veículos Diesel;

A partir de 2014 -> para os novos lançamentos de veículos do ciclo Otto;

A partir de 2015 -> para todos os veículos comercializados.

(3) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;

(5) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(6) Aplicável aos ensaios realizados em câmera selada de volume variável

(7) Aplicável a todos os veículos a partir de 1/1/2012

Todos os veículos que são comercializados no mercado nacional devem ser submetidos aos ensaios de homologação para atendimento dos limites máximos de poluentes. Essa homologação é acompanhada por técnicos da CETESB onde vários parâmetros são observados, motor, tipo do veículo, combustível. O ensaio é feito em laboratório de emissões e com combustível de referência padronizado.

Desde sua implantação o Programa conseguiu reduzir a emissão de poluentes de veículos novos de forma considerável, utilizando-se de um escala gradual de redução. Essa redução foi possível devido à introdução de tecnologias automotivas como conversor catalítico, injeção eletrônica de combustível multiponto, sistema OBD – “On Board Diagnosis”, e melhoria na qualidade do combustível.

## **6.2 POLUIÇÃO GERADA POR VEÍCULOS LEVES CICLO OTTO**

Os principais poluentes emitidos por motores de combustão interna ciclo Otto são Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio. Os principais fatores para a produção de poluentes nesse tipo de combustão são:

- Pré-aquecimento da mistura ar-combustível inexistentes em outros sistemas de combustão;

- Combustão em regime turbulento e com chama durante tempo aproximado de 0,0025s, enquanto outros sistemas operam em regime permanente;
- Durante a combustão há o contato direto com superfícies refrigeradas, no caso as paredes do cilindro, não ocorrendo em outros sistemas;

Há ainda outras formas de emissões de poluentes provenientes dos gases do cárter de óleo e da evaporação e dispersão do vapor de combustível à atmosfera através do respiro do tanque de combustível. Atualmente os veículos modernos possuem sistemas para controlar as emissões não provenientes do sistema de exaustão, retornando os gases para o coletor de admissão. A Figura 7 mostra as emissões dos três principais poluentes Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio, em função da razão ar-combustível normalizada ( $\lambda$ ) – lambda.

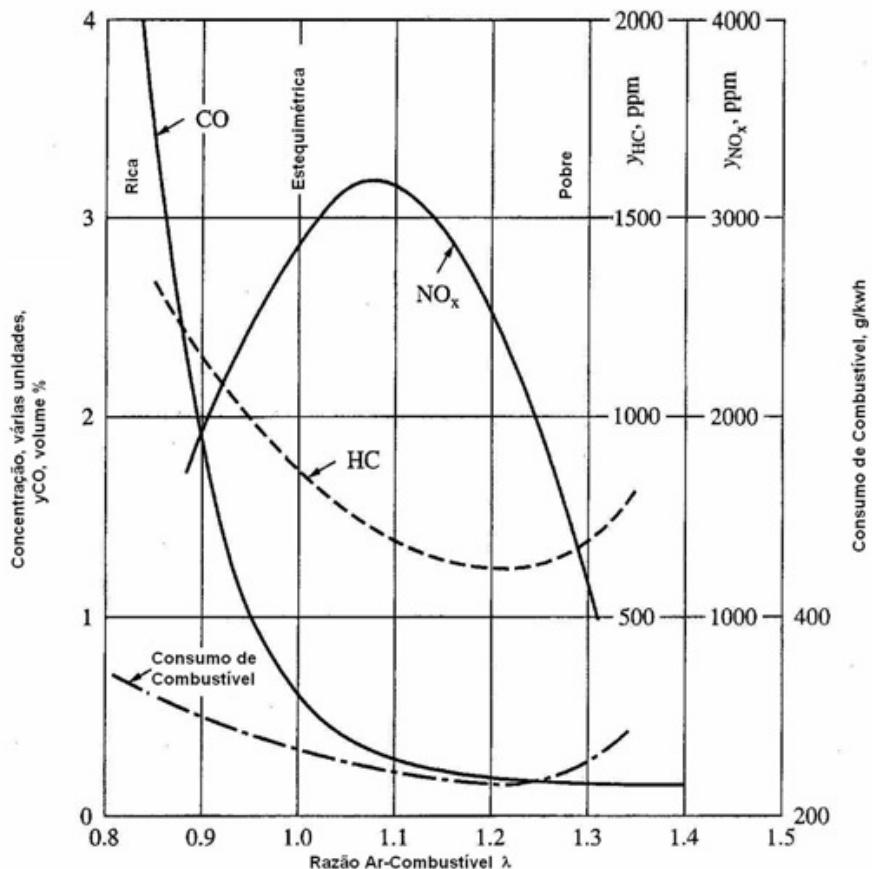


Figura 7 – Emissões e consumo de combustível de motor convencional de combustão interna (Fonte: VALIENTE, 2006).

Analizando o gráfico, é possível constatar que há uma dependência na razão ar-combustível e valores de emissões e eficiência. Os motores para veículos leves operam em regimes alternados, com mudanças constantes da razão ar- combustível, normalmente abaixo da razão estequiométrica de valor 1,0, mas entre as médias de 0,8 e 1,2.

Para valores de razão ( $\lambda$ ) superiores a 1,0, não existe o combustível suficiente para ser consumido pelo ar total: mais conhecida como mistura pobre.

Para valores de razão ( $\lambda$ ) inferiores a 1,0, não existe o ar suficiente para ser consumido pelo combustível: mais conhecida como mistura rica.

Ao analisarmos a Figura 7 podemos verificar as seguintes situações referentes às emissões de poluentes:

Monóxido de Carbono: o Monóxido de Carbono tem grande dependência da razão ar-combustível, sendo que a emissão de poluente é maior para valores menores da razão e vice-versa. Quando a mistura se torna rica, não existe oxigênio suficiente para transformar o Carbono (C) do combustível em Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). Em altas temperaturas e com a mistura pobre, ocorre o fenômeno conhecido como dissociação onde há formação de Monóxido de Carbono. Quando ocorre a expansão do cilindro, o processo de oxidação do Monóxido de Carbono diminui com a queda da temperatura dos gases de escape.

Óxido de Nitrogênio: a formação ocorre devido a reações químicas que não atingem o equilíbrio entre Oxigênio e Nitrogênio (N<sub>2</sub>) na câmara de combustão e sob altas temperaturas da mistura ar-combustível, em temperaturas acima de 2.400k.

A emissão de Óxido de Nitrogênio aumenta à medida que a razão ar-combustível atinja o valor de próximo de 1,1, condição de altas temperaturas quanto de Oxigênio em excesso. Se a razão ultrapassar 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 7 mostra valores 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 dessorver 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 8 demonstra o mecanismo de formação dos gases poluentes Óxido de Nitrogênio, Monóxido de Carbono e Hidrocarbonetos em um motor Ciclo Otto a quatro tempos.

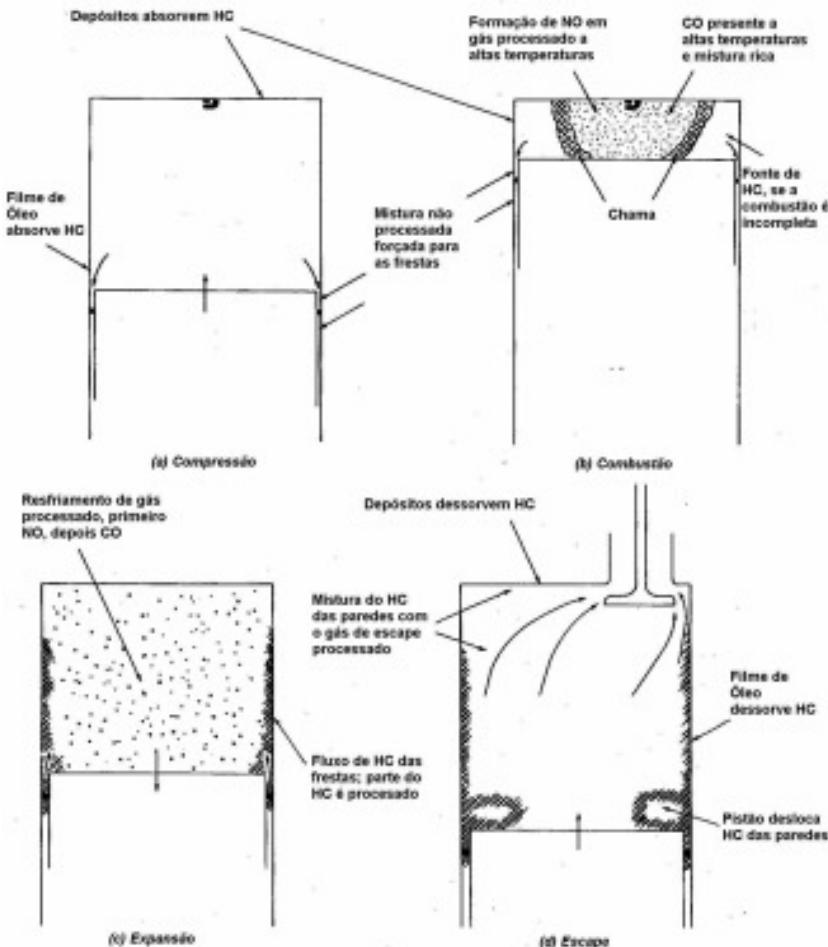


Figura 8 - Mecanismo de formação dos poluentes  $\text{NO}_x$ , CO e HC em um motor Ciclo Otto a quatro tempos (Fonte: Heywood, 1988).

As situações acima descritas ocorrem com maior intensidade durante o funcionamento do motor fora do regime permanente, 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.

A partir do ano de 2010, o Programa de Inspeção e Manutenção da Cidade de São Paulo I/M-SP inspeciona todos os automóveis com motor ciclo Otto (gasolina, etanol, flex e GNV), a partir da primeira renovação do licenciamento no sistema do Detran. Os veículos inspecionados compreendem todas as fases do PROCONVE, além dos veículos de legislação

anteriores. Nesse relatório realizado pela CONTROLAR a frota inspecionada em 2011 refere-se a um total de 3.437.634 inspeções realizadas em 2.719.242 veículos leves com motores Otto no período de 01/02/2011 a 31/01/2012. A Figura 9 mostra a evolução da frota inspecionada entre 2010 e 2011.

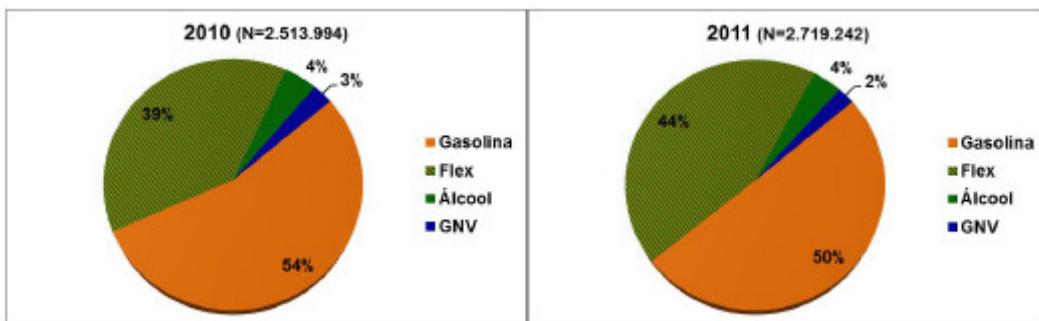


Figura 9 – Comparação por tipo de combustível das frotas inspecionadas em 2010 e 2011. (Fonte: Enviromentaly, 2012).

Com a utilização do GNV, os níveis atingidos de poluição tendem a cair consideravelmente. A Tabela 17 apresenta as reduções nas emissões de alguns poluentes na utilização do GNV, por veículos usados relativos ao uso à gasolina e etanol (BEER, et al., 2001).

Tabela 17 – Redução de emissões de poluentes com uso de GNV em relação à gasolina e etanol (Fonte: CETESB e CTGÁS, 2004).

POLUENTE	REDUÇÃO	
	GASOLINA	ETANOL
Monóxido de Carbono (CO)	91,70%	11,20%
Hidrocarbonetos (HC)	56,50%	59,30%

É possível verificar o potencial de redução de poluentes do uso do GNV, mas, para que o resultado seja efetivo é necessário que o sistema atenda as normas exigidas de instalação e manutenção. A instalação inadequada e fora dos padrões exigidos pelos órgãos competentes compromete a qualidade do ar e a segurança do usuário. Caso o consumidor busque um produto mais barato, a oficina “convertedora” não possua registro no INMETRO e seu kit de

GNV não seja homologado, corre-se o risco que o veículo “convertido” de forma inadequada polua mais que seus concorrentes movidos à gasolina e etanol.

Segundo um relatório de inspeção veicular realizado pela Controlar, empresa que passou a inspecionar a frota em São Paulo, a reprovação de veículos movidos a GNV é grande devido a problemas de manutenção nos veículos convertidos para gás natural. Fato bem diferente com relação aos maiores índices de aprovação dos veículos com motores flex.

Os veículos flex que apresentam índices relativamente mais reduzidos de aprovação é o dos fabricados anteriores a 2003, são os veículos originalmente fabricados para funcionar com apenas um combustível (gasolina ou álcool) e foram indevidamente convertidos para flex, mas mesmo neste caso o percentual de reprovações caiu de 25% nas inspeções de 2010 para 13% de 2011. Nesse sentido ainda, os resultados podem ser comparados pelas médias da emissão em marcha lenta (ou a 2500rpm sem carga). O Gráfico 8 apresenta as médias das emissões de CO em marcha lenta, por ano de fabricação e tipo de combustível, na primeira e na última inspeção, comparadas aos respectivos parâmetros de referência fixados pelo CONAMA na sua Resolução 418/2009.

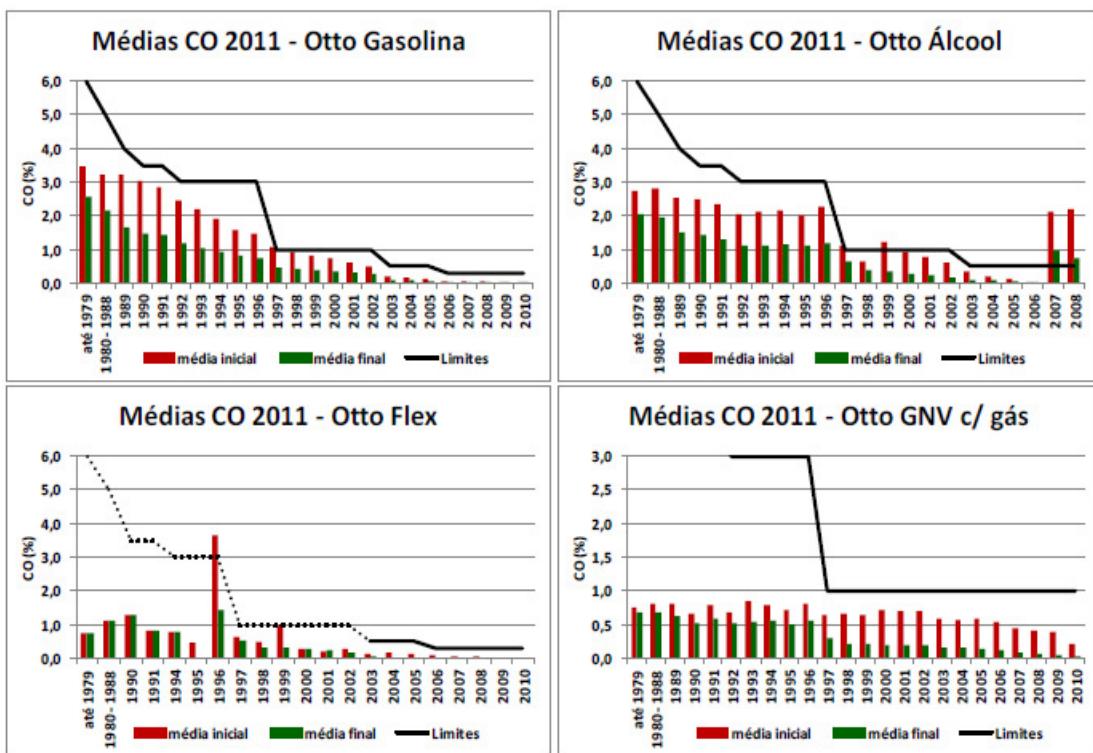


Gráfico 8 – Médias de emissões de CO em marcha lenta de veículos leves (Fonte: Enviromentaly, 2012).

Os gráficos mostram a situação média da frota de veículos na sua primeira inspeção, “antes da ação do Programa”, comparada às condições da mesma frota depois de feitas as manutenções/revisões e novas medições. Ficam evidentes numericamente os ganhos obtidos em todas as faixas de idade da frota.

Os resultados também evidenciam que os parâmetros de referência estabelecidos pelo CONAMA são atendidos com tolerância suficiente para absorver o desgaste natural do veículo assim como as variações normais de manutenção e dos combustíveis comerciais, mesmo nas médias iniciais dos veículos.

No entanto, as conversões irregulares representam as causas principais de desconformidades na inspeção veicular, tanto dos veículos movidos a GNV como os convertidos (ilegalmente) para flex (os veículos que funcionam com gasolina e etanol em qualquer proporção foram fabricados somente a partir de 2003) ou para álcool, que já não eram mais fabricados nos anos de 2007 e 2008.

Nas emissões de HC, mostradas no Gráfico 9, há uma folga muito maior em relação aos parâmetros de referência. As emissões de HC parecem críticas somente nos veículos anteriores a 1988, o que ocorre provavelmente se devido à queima de óleo lubrificante, uma característica de veículos desta idade.

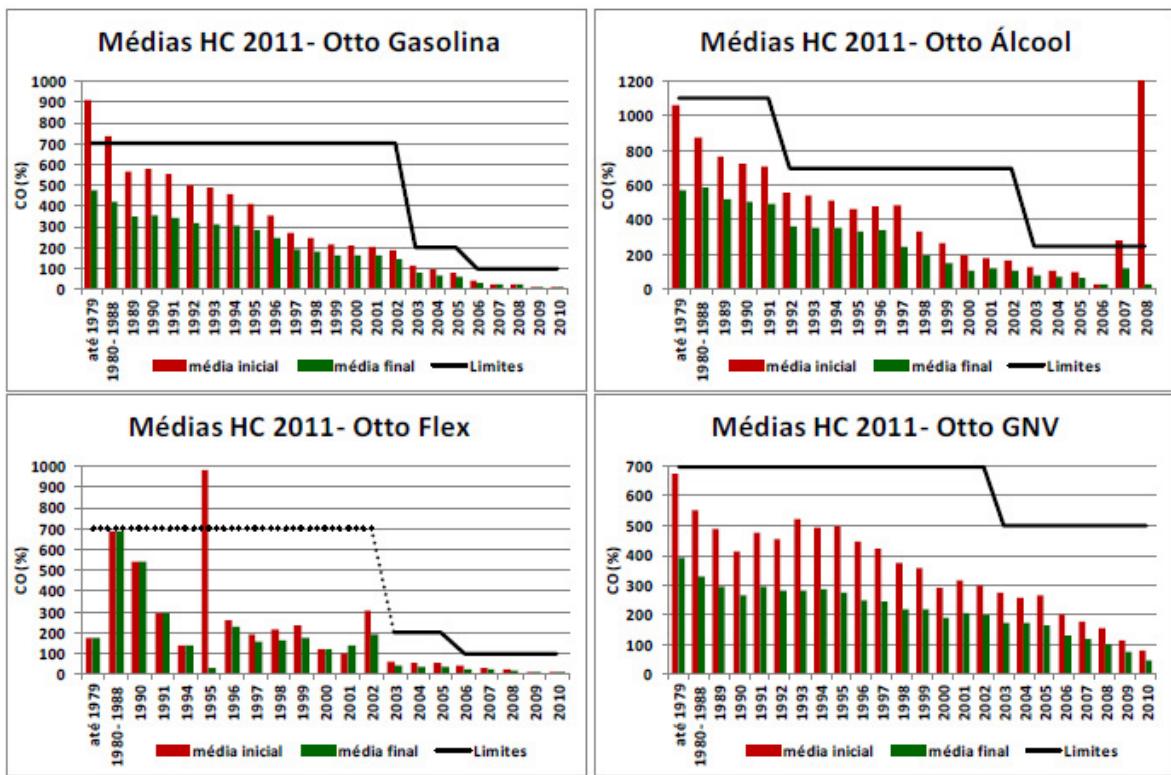


Gráfico 9 - Médias de emissões de HC em marcha lenta de veículos leves (Fonte: Enviromentaly, 2012).

Segundo uma avaliação pode-se apurar que os veículos inspecionados não possuíam certificados de conversão, portanto a instalação estava irregular. E os resultados destes veículos inspecionados são muito piores do que os correspondentes a gasolina, etanol ou flex. Como mencionado anteriormente, os veículos original de fábrica e convertidos que mantenham suas características originais são menos poluidores que seus concorrentes quando abastecidos com gasolina ou etanol.

## 7 DESEMPENHO DO MOTOR

Segundo BARBOSA (1997) se compararmos as propriedades químicas dos combustíveis nota-se que mesmo o metano possuir um poder calorífico inferior (PCI) 12% maior que o da gasolina, o conteúdo energético por unidade de volume da mistura estequiométrica de metano e ar é 10% menor em relação ao da mistura de gasolina-ar. Então, para um mesmo motor, o uso do metano provoca uma queda de potência da ordem de 10% em relação à alimentação com gasolina, devido ao menor conteúdo energético por unidade de volume da mistura estequiométrica.

O gás metano, que é o principal componente do gás natural, apresenta uma temperatura de auto-ignição superior a gasolina e um pouco maior que os álcoois (etanol e metanol). O índice de octanagem é maior em relação aos combustíveis convencionais, portanto, esta propriedade anti-detonante onde o número de RON (Research Octane Number) alcança a ordem de 130 o torna ideal ao uso em motores de combustão interna por ignição por centelha (vela de ignição).

Segundo BRUNETTI (1992) o RON representa melhor o comportamento do combustível em funcionamento no motor em baixas rotações e o MON (Motor Octane Number) em altas rotações. Sabendo que em altas rotações, a temperatura na câmara de combustão aumenta o que facilita o fenômeno de detonação então o RON deve ser alto. Em baixas rotações usa-se o MON mais baixo.

A detonação é uma combustão anormal brusca da massa de mistura ainda não queimada na câmara de combustão. Com o avanço da chama principal iniciada a partir da vela de ignição, a mistura ainda não queimada sofre um processo de compressão e de aquecimento, podendo alcançar em todos os pontos do cilindro a temperatura de auto-ignição do combustível.

Se a chama original passar por esta mistura antes de decorrer o retardamento químico da combustão, então a combustão será normal. Em uma situação diferente, a mistura irá inflamar-se rapidamente, a um volume constante, provocando um aumento brusco na pressão dentro da câmara e levando a uma propagação de ondas de choque.

Esse fenômeno denomina-se detonação e provoca um aumento da pressão de câmara, bem como um ruído característico, conhecido popularmente como “batida de pino”.

A detonação causa danos ao motor, desempenho e consumo. Sua ação pode causar erosões nas superfícies sólidas como, por exemplo, os pistões. Sua ação prolongada leva ainda a um dano ainda maior que é a Pré-ignição. A pré-ignição é a combustão causada por um ponto quente, esse ponto quente irá fazer com que a mistura entre em auto-ignição sem a ação da centelha emitida pela vela.

Portanto, é comum ver os pistões com a cabeça furada, devido à pré-ignição.

Para evitar esse fenômeno, nos motores atuais são usados métodos de controle através de um ou mais sensores. O sensor de detonação que interpreta o ruído da combustão e adiciona ou retira avanço quando necessário para proteger o motor dos fenômenos mencionados acima.

A gasolina comum utilizada no Brasil tem em média um número de RON de aproximadamente 93 que é bem inferior ao metano com 130, por isso, o metano se adapta bem aos motores de ignição por centelha. Como os motores atuais tem suas taxas em torno de 9,5:1 para gasolina e 13:1 para etanol/flex, será difícil encontrarmos situações onde o motor poderá ter fenômenos de detonação ou pré-ignição com GNV. A taxa apropriada para o GNV fica em torno de 17:1, ou seja, muito distante da maior taxa encontrada em motores atuais de veículos leves. Com taxas de compressão maiores o motor tem um rendimento térmico superior. No caso do GNV um motor com taxa de compressão de 17:1 e funcionando exclusivamente com GNV pode ter seu desempenho igual ou superior a um motor a gasolina/etanol.

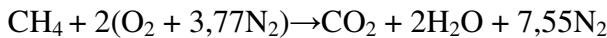
Entretanto, o processo de combustão em motores exclusivos a gás natural fornece maiores picos de temperatura do que os motores a gasolina, uma vez que utilizam altas taxas de compressão.

Devido às altas energias de ativação do gás natural, sua velocidade de chama laminar é menor que os outros hidrocarbonetos. Como a baixa velocidade de chama apresentada pelo gás natural resulta num processo de combustão longo é necessário um maior avanço de ignição para aumentar o rendimento térmico do motor. O avanço de ignição é menor na medida em que se utilizam câmaras de combustão compactas e de alta turbulência e altas taxas de

compressão, uma vez que estes aumentam as velocidades de chama e diminuem o percurso da mesma.

Ainda segundo BARBOSA (1997) descreve que devido à baixa densidade do gás natural, a mistura de gás natural e o ar ocupa um volume cerca de 10% maior que a mistura estequiométrica de gasolina/ar de mesmo conteúdo energético. Então em um motor convencional convertido para operar com gasolina/etanol ou GNV, a quantidade de mistura de ar-gás natural que pode ser aspirada, pelo coletor de admissão, é cerca de 10% menor do que a mistura ar-gasolina, penalizando substancialmente o desempenho do motor. Como falado anteriormente o aumento da taxa de compressão provoca um aumento da eficiência volumétrica, que resulta em uma maior potência indicada por unidade de mistura queimada.

Os combustíveis gasosos podem requerer de 4% a 15% do volume do coletor de admissão. O espaço ocupado pelo gás reduz a quantidade de ar que entra no motor, reduzindo sua eficiência volumétrica. A densidade dos combustíveis gasosos no coletor de admissão do motor deve determinar a exata perda de potência. O gás natural, e em menor extensão, o GLP são menos densos do que o vapor de gasolina nas condições reinantes no coletor de admissão. Os combustíveis de menor densidade deslocam o ar, reduzindo a pressão parcial do ar na mistura no coletor de admissão, e assim, menor quantidade de ar é introduzida nos cilindros. A magnitude das perdas na potência devido à baixa densidade do gás metano pode ser estimada através da equação da combustão. A Figura 10 mostra a equação de combustão do gás metano.



$$\frac{\text{moles comb}}{\text{moles mistura}} = \frac{1(100)}{1+2(1+3,77)} = 9,49\%$$

Figura 10 – Equação de combustão do metano

Verifica-se que a relação entre o volume de metano e o volume da mistura ar-combustível é de aproximadamente 9,5%. Nesse caso, convencionamos que o gás natural causa uma ineficiência de potência de aproximadamente 9,5%.

O resfriamento da mistura ar-combustível aumenta sua densidade e por consequência sua eficiência volumétrica. Os combustíveis gasosos, como estão na forma de vapor superaquecido, não resfria a mistura ar-combustível. Essa falta de resfriamento nos motores movidos a gás constitui em perda adicional de potência se comparada com motores que funcionam com combustíveis líquidos.

MAXWELL (1995) descreve que a perda total de potência em motores convertidos para uso com gás natural pode atingir 30%, dos quais 10% são devido à baixa densidade do combustível gasoso e o restante, cerca de 20%, pode ser atribuído ao “kit” de carburação de gás.

Como houve uma grande evolução nos sistemas de conversão, ou seja, os “kits” modernos possuem muito mais controle eletrônico. A injeção de gás passou a ser feita não mais por aspiração, mas diretamente nos dutos de admissão do cabeçote. O sistema de avanço de ignição passou a ser feito pelo módulo de injeção do gás, tornando muito mais preciso seu controle e atuação. Hoje, usando os kits modernos pode-se dizer que a perda de potência está abaixo dos 15%.

A engenharia hoje tem a seu dispor equipamentos que podem fornecer uma perfeita calibração do motor para uso do GNV. Técnicas aprimoradas e equipamentos superiores podem retirar o máximo de desempenho de um motor convertido para gás. No mercado de instalação esses equipamentos não estão disponíveis e cabe a montadora de veículos ou a empresa fabricante dos ‘kits’ desenvolverem sua calibração a gás. A Figura 11 mostra um equipamento de análise de combustão que pode ser usado durante a calibração do motor.



Figura 11 – Equipamento de análise de combustão (Fonte, AVL).

A calibração de um motor a gás é similar aos demais combustíveis. Com o uso de um software de combustão e um dinamômetro de motores podemos varrer todas as faixas de operação do motor, ou seja, rotação e posição de pedal (carga). Para cargas parciais de operação podemos calibrar o motor usando o software de análise de combustão e monitorar o valor de MFB – Mass Fraction Burned ou Fração da Massa de Combustível Queimada. Em motores a combustão pode-se usar o valor de MFB 50%, ou seja, 50% da Fração da Massa de Combustível Queimada que indica que o motor está funcionando no MBT – Mean Brake Torque. O MBT é o menor avanço para o melhor torque do motor.

Se o motor estiver funcionando em MBT, pode-se dizer que é o melhor torque para aquela condição, taxa de compressão e combustível. Cada tipo de combustível tem seu MBT diferente. Durante a calibração utilizando-se do equipamento de análise de combustão o mesmo indica quando o motor está em MFB 50%, que acontece normalmente com o ângulo de virabrequim em 8°C (Crank Angle). Caso o motor esteja fora dessa condição, o calibrador pode ajustar atuando no avanço de ignição até que o valor de MFB 50% esteja em 8°C.

Para uma varredura completa do motor que pode ir de marcha-lenta até 6500 rpm, ou seja, vários pontos a serem mapeados. Há uma redução em tempo de trabalho e um aumento na qualidade da calibração, cuidado que reflete em uma calibração de gás robusta e confiável. Vale lembrar que esse equipamento mais o software custam muito caro, fato que algumas empresas fabricantes de kit e de softwares para GNV não podem adquiri-los. Então, esses fabricantes estipulam um valor de avanço a ser adicionado na calibração do mapa a gás, o que pode variar em torno de 10° em cima do valor base da tabela do combustível original (etanol, gasolina). Isso não é uma regra e muda para cada tipo de combustível.

Esse método, apesar de não ser o mais correto atende as necessidades dos convertedores e consumidores. Mas, o método com equipamentos corretos garante uma precisão na quantidade de avanço a ser adicionado no motor para amenizar a perda de potência causada pela ineficiência do gás para aquela aplicação.

Para cargas em WOT (Wide Open Throttle) – Borboleta de aceleração toda aberta, é interessante um mapeamento por “spark sweeps” – Varredura de avanço. Esse trabalho consiste em varrer a faixa de avanço partindo de um valor base e chegar a um limite de adição de avanço para ver o comportamento da curva de torque. Normalmente se parte de um valor “Base de avanço” e variando de -6° até +6°, de 2° em 2° (ou menos). Com o mapa completo é possível verificar onde o torque é maior, atingindo a máxima eficiência naquele ponto de rotação e carga específica. Nesse caso, não é necessário um uso de equipamento de análise de combustão, somente o dinamômetro é suficiente. O que não restringe o uso de um analisador de combustão em conjunto. A Tabela 18 mostra um mapa de avanço de ignição para um motor convertido para gás.

RPM/MAP	125	175	215	245	280	325	375	425	475	525	575	650	750	850	915	965
252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
364	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
1007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-5	-10	-10
1232	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10
1491	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10
1788	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
2130	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
2524	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
2976	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
3497	-5	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
4095	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
4784	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
5576	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10

Tabela 18 – Mapa de avanço típico de um motor movido a GNV (Fonte: Elaboração Própria)

É possível verificar que em algumas regiões de WOT usou-se mais avanço ( $10^\circ$ ), permitindo um melhor desempenho do motor. Podemos definir como regra, que todo motor convertido a GNV deve ter seu avanço de ignição alterado para amenizar a perda de potência causada pelo subdimensionamento do uso do gás. Nesse motor em específico sua potência original com gasolina atingia 153,7 CV (Cavalo Vapor), após sua conversão para GNV com um kit de  $3^\circ$  geração sua potência caiu para 132,9 CV, ou seja, uma redução de aproximadamente 13,5%, valor estimado mencionado nas análises acima.

É inegável a redução de desempenho em motores movidos a GNV. Algumas alterações no projeto do motor podem melhorar satisfatoriamente sua eficiência, dentre as quais;

- Taxa de compressão;
- Turboalimentadores;
- Injeção direta;

Um motor dedicado ao uso de GNV pode impedir seu funcionamento com outros combustíveis. O motor com taxa de compressão variável pode satisfazer a questão da ineficiência da taxa incorreta ao uso do gás, motor que está sendo estudado em projetos internacionais. O uso de turbo compressor aumenta a eficiência volumétrica do motor, trazendo benefícios ao desempenho e a economia de combustível.

Os motores com injeção direta possibilitam a estratificação da carga que possibilita estender o limite inferior de inflamabilidade das misturas ar-combustível, melhorando a propriedade termodinâmica do fluido de trabalho, a operação com excesso de ar permite obter maior economia de combustível.

## 8 CONCLUSÃO

A busca por combustíveis alternativos tem crescido nos últimos anos. A demanda por combustíveis fósseis cresce junto com o surgimento de novas potências mundiais que necessitam movimentar suas economias.

O veículo automotor é o meio de locomoção mais usado no mundo e cada nação possui uma forma de usá-lo. A frota mundial de veículos cresce a cada ano, trazendo consigo inúmeros problemas. No entanto as reservas petrolíferas não acompanham esse crescimento e já se fala em escassez de combustíveis fósseis no mundo.

A questão ambiental nunca esteve tão discutida como agora nos fóruns mundiais, onde a poluição causada pelo uso de combustíveis fósseis se mostra uma grande preocupação.

Nesse cenário, várias alternativas vem surgindo, entre elas o uso do gás natural como substituto aos combustíveis que conhecemos. Sua adaptabilidade aos motores de combustão interna e o aumento de reservas descobertas elevam sua viabilidade como combustível alternativo. Como qualquer outro combustível possui suas vantagens e desvantagens, cabendo aos consumidores munidos de informações decidirem optar ou não pelo seu uso.

No Brasil o combustível já teve seus pontos altos e baixos, devido principalmente a questões políticas e de infra-estrutura. Quando o governo apoiava mantendo seu preço competitivo o consumo e conversões subiam proporcionalmente, quando o mesmo decidia por apoiar seu uso industrial, as conversões despencavam. Mas, nesse sentido podemos dizer que o gás possuiu suas vantagens e desvantagens que citaremos a seguir.

**Vantagens:** menor custo por quilômetro rodado, índice de poluição menor se comparado aos combustíveis fósseis quando a instalação do “kit gás” seguir normas de conversão, adaptável ao uso em motores de combustão por centelha, redução nos custos de manutenção do veículo, opção de se ter dois combustíveis para uso e redução do IPVA.

**Desvantagens:** redução no desempenho do motor, custo do “kit de conversão”, diminuição no espaço do porta-malas, problemas de infraestrutura para fornecimento do gás e dependência de políticas governamentais para manter o preço do gás competitivo.

Novas tecnologias disponíveis podem diminuir as desvantagens da conversão como: introdução de turbocompressores, que aumentam a eficiência volumétrica do motor. A adoção de um motor com taxa de compressão variável (motores novos), que possibilita o uso do gás

em taxas maiores. Novas tecnologias de armazenamento do gás que vão trazer cilindros mais leves onde o gás não precisará ser armazenado em altas pressões, processo conhecido como “adsorção” que reduz a pressão de armazenamento e possibilita que o cilindro seja construído em vários formatos.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Cleiton Rubens F. **Desempenho de um Motor Ciclo Otto com Injeção Direta de Gás Natural.** Tese Apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos para obtenção de Título de Doutor em Engenharia Mecânica. São Paulo, 1997. 216 p.

VALIENTE, Daniel. **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 de São Paulo para obtenção de Título de Mestre em Engenharia Automotiva. São Paulo, 2006. 125 p.

## BIBLIOGRAFIA A CONSULTAR

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](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 09 de Julho. 2012.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2012. **Boletim Mensal do Gás Natural.**

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Rio de Janeiro, 2012. **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: 05 de Agosto de 2012.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. São Paulo, 2012. **Emissões Proconve.**

Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acesso em: 15 de Novembro de 2012.

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](http://www.mma.gov.br/conama)>. Acesso em: 28 de Novembro de 2012.

GASNET. SITE DO GÁS NATURAL. Brasil, 2012. **Gás Natural.**

Disponível em: <[www.gasnet.com.br](http://www.gasnet.com.br)>. Acesso em: 29 de Junho de 2012.

HEYWOOD, J. B. - **Internal Combustion Engines Fundamentals.** New York. Ed. McGraw-Hill, 1988. 930 p.

IANGV. INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR NATURAL GAS VEHICLES.

Auckland, 2006. **International Statistics.**

Disponível em: <[www.iangv.org](http://www.iangv.org)>. Acesso em: 13 de Julho 2012.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Brasília, 2012. **Tabela CAGN - 2012.**  
Disponível em: <[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)>. Acesso em: 18 de Agosto de 2012.

IBP. INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Rio de Janeiro, 2012.

**Biblioteca.**

Disponível em: <[www.ibp.org.br](http://www.ibp.org.br)>. Acesso em: 13 de Setembro de 2012.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Rio de Janeiro, 2012.

**Listagem de Instaladores Registrados - GNV.** Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/infotec/oficinas/listagem.asp](http://www.inmetro.gov.br/infotec/oficinas/listagem.asp)>. Acesso em: 24 de Outubro de 2012..

PETROBRAS. PETRÓLEO BRASILEIRO S/A Rio de Janeiro, 2012. **Energia e Tecnologia**  
Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/gas-natural>> Acesso em: 10 de Julho de 2012.

PROCONVE. PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES. São Paulo, 2012. **Emissões Proconve.**

Disponível em: <[www.ibama.gov.br/proconve](http://www.ibama.gov.br/proconve)>. Acesso em: 19 de Agosto de 2012.

**WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS LTDA.** Brasil, 2012. **Produtos e Serviços.**  
Disponível em: <[www.whitemartins.com.br](http://www.whitemartins.com.br)>. Acesso em: 30 de jul. 2006.

**WMTM EQUIPAMENTOS.** Brasil, 2012. **Gás Natural Veicular.** Disponível em: <[www.wmtm.com.br](http://www.wmtm.com.br)>. Acesso em: 24 de Junho de 2012.