



**ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO USO DO GÁS NATURAL VEICULAR
NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES**

ETEVALDO MARQUES PESSANHA

MESTRADO EM PLANEJAMENTO REGIONAL E GESTÃO PÚBLICA DE CIDADES

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2004

ETEVALDO MARQUES PESSANHA

ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO USO DO GÁS NATURAL
VEICULAR NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades da Universidade Candido Mendes, como quesito parcial para obtenção do Grau de Mestre, área de concentração: Planejamento Regional e Urbano.

ORIENTADOR: Prof. Dr. AGOSTINHO ANACHORETA LEAL

Campos dos Goytacazes

2004

ETEVALDO MARQUES PESSANHA

ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO USO DO GÁS NATURAL
VEICULAR NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades da Universidade Candido Mendes, como quesito parcial para obtenção do Grau de Mestre, área de concentração: Planejamento Regional e Urbano.

Aprovada em Dezembro de 2004

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Agostinho Anachoreta Leal
Universidade Candido Mendes

Prof. Dr. Adolfo Puimes Pires
Universidade Candido Mendes

Prof. Dr. Mauricio Cardoso Arouca
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Campos dos Goytacazes

2004

DEDICATÓRIA

A Deus, por intermédio da minha fé ,
esteve sempre comigo neste longo
caminho de dedicação e perseverança.
Aos meus filhos: Lorena , Lara e Diogo que
souberam entender minhas ausências no
dia a dia de nossas vidas.

Aos meus pais, por serem o início de tudo
e quem sempre me incentivaram a sonhar.

AGRADECIMENTOS

A Agostinho Leal – meu orientador – sempre amigo, motivador e positivo no clareamento de suas orientações.

A FUNDENOR, pelo incentivo, confiança e apoio que tornaram possíveis a conclusão deste curso.

A PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DOS GOYTACAZES ,que de forma solícita, disponibilizaram dados fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Resumo da Tese apresentada à Universidade Candido Mendes como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO USO DO GÁS NATURAL VEICULAR NA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

Etevaldo Marques Pessanha

Dezembro/2004

Orientadores: Prof. Dr. José Agostinho Anachoreta Leal

Programa: Planejamento Regional e Gestão de Cidades

O objetivo central desta dissertação é descrever a evolução recente da indústria de gás natural no Brasil, ressaltando as variáveis, principalmente a ambiental e a financeira, associadas ao crescimento do mercado do gás natural veicular (GNV).

Diante desse propósito, a dissertação está organizada em oito capítulos. O primeiro trata-se desta breve introdução. O segundo apresenta os fundamentos da indústria de gás natural, onde são descritos os principais conceitos aplicados à indústria, bem como a estrutura da oferta, demanda e a política de preços no Brasil. No capítulo três, é realizado um breve histórico da regulação do setor no Brasil.

O capítulo quatro trata do mercado do GNV no Brasil, bem como dos seus aspectos regulamentares e tecnológicos pertinentes à sua utilização em veículos leves e pesados.

O capítulo cinco apresenta uma avaliação dos aspectos ambientais, identificando as principais fontes de emissões veiculares e os danos causados pelos poluentes atmosféricos presentes nestas emissões.

O capítulo seis descreve a experiência do município do Rio de Janeiro em alguns estudos. O capítulo sete trata de um estudo de caso, onde são analisados os impactos financeiros e ambientais decorrentes da conversão da frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV. Por último, o capítulo oito apresenta as principais conclusões deste trabalho.

Abstract of Thesis presented to Universidade Candido Mendes as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

POTENTIAL ANALYSES OF VEICULAR NATURAL GAS USE IN THE CAMPOS DOS
GOYTAZES CITY

Etevaldo Marques Pessanha

December/2004

Advisors: Prof. Dr. José Agostinho Anachoreta Leal

Department: Planejamento Regional e Gestão de Cidades

This dissertation aims at providing a historical overview of the natural gas industry in Brazil and emphasize the enviromental and financing variables associated the development of the veicular natural gas (VNG) market.

This dissertation is organized in eight chapters. The first chapter is a Introduction of the theme. The second chapter introduces the basemen of the natural gas industry and describes the main conceptions applied in the industry and the structure of the supply, demand and the politic price in Brazil.

The chapter third exhibits a brief of the historical from natural gas regulation in Brazil. The fourth chapter present the Veicular Natural Gas in Brazil and its aspects about regulation and technological involve in the use of lift and weight vehicles.

The chapter fifth presents a evaluation of the environmental aspects, identify the main sources of vehicles emissions and the damage caused from atmospheric polution.

The sixth chapter describes the experience of Rio de Janeiro. The seventh chapter shows the case study about the financiag and environmental impacts involve in the conversion of the vehicles from Campos dos Goytacazes City Hall to VNG. The last chapter presents the main conclusions of this dissertation.

SUMÁRIO	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	1
ÍNDICE DE TABELA.....	2
LISTA DE SIGLAS.....	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. FUNDAMENTOS DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL.....	5
2.1 Conceitos Básicos	7
2.2 Etapas da Indústria do Gás Natural	9
2.3 Gás Natural Liquefeito (GNL).....	10
2.4 Gás Natural Comprimido (GNC)	12
2.5 A Estrutura dos Preços do Gás Natural (GN).....	13
2.6 Estrutura da Oferta e Demanda de Gás Natural no Brasil	13
2.7 Política de preços do gás natural no Brasil.....	23
2.8 Agentes do mercado brasileiro de gás natural.....	27
3 REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL NO BRASIL	34
3.1 Histórico e Atores da Regulação.....	34
4 GNV: MERCADO BRASILEIRO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS.....	37
4.1 Histórico	37
4.2 Regulamentação da Conversão para o GNV.....	39
4.3 Tecnologia Veicular para o Uso de GNV.....	40
5 ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO GNV NO BRASIL E NO MUNDO	45
5.1. Impactos Ambientais gerados pelo Setor de Transporte	45
5.2 Principais Poluentes Atmosféricos e seus Impactos.....	49
5.3 Aspectos Ambientais relacionados ao Uso do GNV	53
5.4 As Emissões de Poluentes e as Conversões de Veículos no Brasil	58
6 A EXPERIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE JANEIRO NA CONVERSÃO DE VEÍCULOS PARA GNV 61	61
6.1 Análise da Experiência da Cidade do Rio de Janeiro	61
6.2 Comparação do Rendimento Médio (R\$/km) entre os Veículos Movidos a Gasolina, Álcool e GNV	64
7 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE CONVERSÃO DOS VEÍCULOS DA PREFEITURA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES	65
7.1 Consumo da Frota de Campos dos Goytacazes	67
7.2 Conversão da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes.....	68
8 CONCLUSÃO.....	73
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção e consumo mundial de gás natural em 2002.....	6
Gráfico 2 - Reservas provadas mundiais em 2002 (%).....	6
Gráfico 3 – Participação das fontes no.....	7
Gráfico 4 - Comparação entre emissões de veículos (%).....	13
Gráfico 5 - Reservas provadas de gás natural no Brasil em 2002 (%).....	14
Gráfico 6 - Produção de gás natural no Brasil (milhões de m ³ /dia).....	14
Gráfico 7 - Produção de gás natural associado e não associado no Brasil (milhões de m ³ /dia).....	15
Gráfico 8 - Oferta total de gás natural no Brasil (%).....	18
Gráfico 9 - Consumo total de gás natural no Brasil (milhões de m ³ /dia).....	19
Gráfico 10 - Vendas de gás natural das distribuidoras por setor no Brasil (milhões de m ³ /dia).....	22
Gráfico 11 - Preços do gás natural no city-gate São Paulo em janeiro de 2003 – (R\$/MMBTU).....	26
Gráfico 12 - Evolução dos preços do gás natural nacional e boliviano (R\$/MMBTU).....	27
Gráfico 13 - Extensão da rede das distribuidoras em 2001 no Brasil (km).....	33
Gráfico 14 – Potencial de Redução dos Impactos Ambientais Locais dos Veículos Leves à Gasolina vs Convertidos a GNV.....	55
Gráfico 15 - Potencial de Redução dos Impactos Ambientais Locais dos Veículos Pesados: Diesel versus GNV.....	56
Gráfico 16 - Potencial de Redução de CO ₂ emitido por Veículos Leves e Pesados.....	58
Gráfico 17 - Frota do Município do Rio de Janeiro por Combustível.....	62
Gráfico 18 - Frota de GNV do Município do Rio de Janeiro.....	63
Gráfico 19 - Evolução do N ^o de Postos de GNV no Município do Rio de Janeiro.....	63
Gráfico 20 - Frota de Campos por Combustível (mil veículos).....	65
Gráfico 21 - Frota de Campos por Combustível (em %).....	66

ÍNDICE DE TABELA

<i>Tabela 1 - Exemplos de composição do gás natural (%).....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 2 - Consumo industrial de gás natural em 2001 no Brasil.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 3 – Crescimento do consumo por setor 1991-2001 no Brasil (%)</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 4 – Frota mundial de veículos a GNV em 2003</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 5 - Taxa de crescimento acumulada 2001 e 2002 no Brasil</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 6 - Projeção de vendas de GN no Brasil</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 7 - Composição acionária das distribuidoras de gás natural no Brasil</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 8 - Gasodutos de transporte de gás natural no Cone Sul.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 9 - Evolução da Frota de GNV por Estado</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 10 - Regulamentação das Emissões de Poluentes Locais</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 11 - Fatores de Emissão de Veículos Leves.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 12 - Emissão Média¹ de Poluentes de Veículos Convertidos para GNV (g/km).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 13 - Frota de Veículos da Cidade do Rio de Janeiro por Classe de Veículo e Combustível....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 14 - Perfil do Mercado de GNV no Município do Rio de Janeiro em nov/03.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 15 - Comparação entre o Consumo de Gasolina, Álcool e GNV</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 16 - Comparação entre o Consumo de Gasolina, Álcool e GNV para o Município de Campos dos Goytacazes</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 17 - Consumo da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 18 - Estimativa de Consumo (m³) e Custo (R\$/ m³) de GNV pela Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 19 - Pesquisa de kits para conversão de GNV</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 20 - Custo de Conversão da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 21 - Estimativa do Fluxo de Gasto com a Frota movida a GNV</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 22 - Comparação da Emissão Diária da Frota Atual da Prefeitura de Campos dos Goytacazes com Frota movida a GNV</i>	<i>71</i>

LISTA DE SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
BEN	Balanço Energético Nacional
BP	British Petroleum
CERJ	Companhia Distribuidora de Gás do Rio de Janeiro
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DETRAN	Departamento de Trânsito
DETRAN-RJ	Departamento de Trânsito do Rio de Janeiro
EIA	Energy Information Administration
GASNET	O site do Gás Natural (www.gasnet.com.br)
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNV	Gás Natural Veicular
IANGV	International Association for Natural Gas Vehicles
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IGP-M	Índice Geral de Preço de Mercado da FGV
MF	Ministério da Fazenda
MME	Ministério de Minas e Energia
PLANGAS	Plano Nacional de Gás Natural
PPT	Programa Prioritário de Termoeletricidade
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

1. INTRODUÇÃO

O objetivo central desta dissertação é descrever a evolução recente da indústria de gás natural no Brasil, ressaltando as variáveis que estão associadas ao crescimento do mercado do gás natural veicular (GNV).

A frota de veículos da Prefeitura de Campos dos Goytacazes é utilizada em um estudo de caso, que simulará as vantagens não só econômicas como também ambientais associadas à conversão dos veículos movidos a gasolina e álcool para o uso do GNV.

Diante desse propósito, a dissertação está organizada em oito capítulos. O primeiro trata-se desta breve introdução. O segundo apresenta os fundamentos da indústria de gás natural, onde são descritos os principais conceitos aplicados à indústria, bem como a estrutura da oferta, demanda e a política de preços no Brasil. No capítulo três, é realizado um breve histórico da regulação do setor no Brasil.

O capítulo quatro trata do mercado do GNV no Brasil, bem como dos seus aspectos regulamentares e tecnológicos pertinentes à sua utilização em veículos leves e pesados.

O capítulo cinco apresenta uma avaliação dos aspectos ambientais, identificando as principais fontes de emissões veiculares e os danos causados pelos poluentes atmosféricos presentes nestas emissões. Neste capítulo são, também, avaliadas evidências internacionais e nacionais acerca dos ganhos ambientais relativos ao uso do GNV.

O capítulo seis descreve a experiência do município do Rio de Janeiro em alguns estudos.

O capítulo sete trata de um estudo de caso, onde são analisados os impactos financeiros e ambientais decorrentes da conversão da frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV. Por último, o capítulo oito apresenta as principais conclusões deste trabalho.

2. FUNDAMENTOS DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL

A indústria do gás natural remonta à segunda metade do século XIX. Originada nos Estados Unidos durante a década de 50, o consumo de gás natural foi viabilizado pelo desenvolvimento de novas técnicas de transporte, um dos principais entraves para o uso do combustível. Entretanto, foi a partir dos anos 60 e, em especial, depois dos dois choques do petróleo, em 1973 e 1979, que o consumo mundial de gás natural cresceu significativamente, com a descoberta de novas reservas e quando os países europeus passaram a utilizá-lo em larga escala como energético.

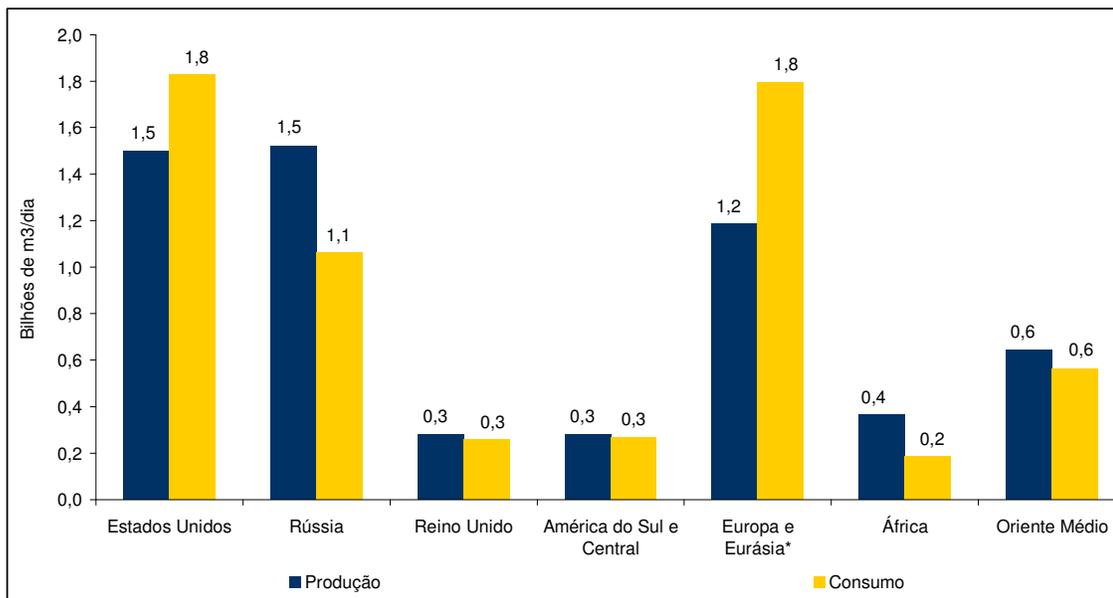
Conforme apresentado no Gráfico 1, em 2002, os Estados Unidos e Rússia eram os maiores consumidores de gás natural, com 26,3% e 15,3% do consumo mundial – 1,83 e 1,1 bilhão de m³/dia respectivamente. Na Europa, o maior consumidor é o Reino Unido com 3,7% do consumo mundial – 0,3 bilhão de m³/dia.

Em dezembro de 2002, as reservas mundiais provadas de gás natural totalizavam 155,8 trilhões de m³, dos quais 35,0% concentravam-se no Oriente Médio¹ e 31% na Rússia, de acordo com a Gráfico 2.

Enquanto 65,4% das reservas de petróleo concentram-se no Oriente Médio, as reservas de gás natural são mais distribuídas geograficamente. No entanto, os altos custos do transporte do gás natural limitam as transações internacionais a apenas 22,9% do consumo mundial, enquanto, no caso do petróleo, correspondem a 57,6%.

¹ BP (2003)

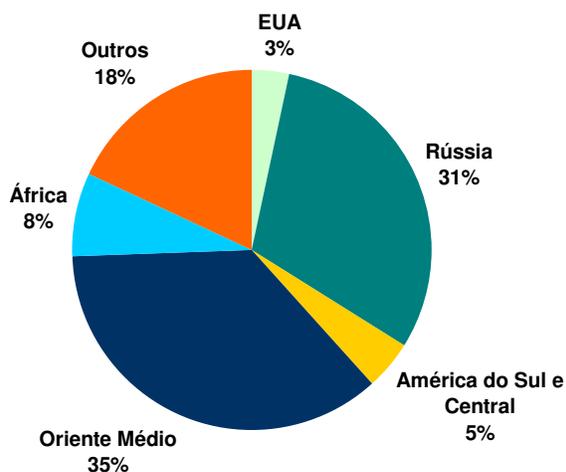
Gráfico 1 - Produção e consumo mundial de gás natural em 2002



* Não inclui Rússia
 Fonte: BP (2003)

Gráfico 2 - Reservas provadas mundiais em 2002 (%)

Total: 155,8 trilhões de m³



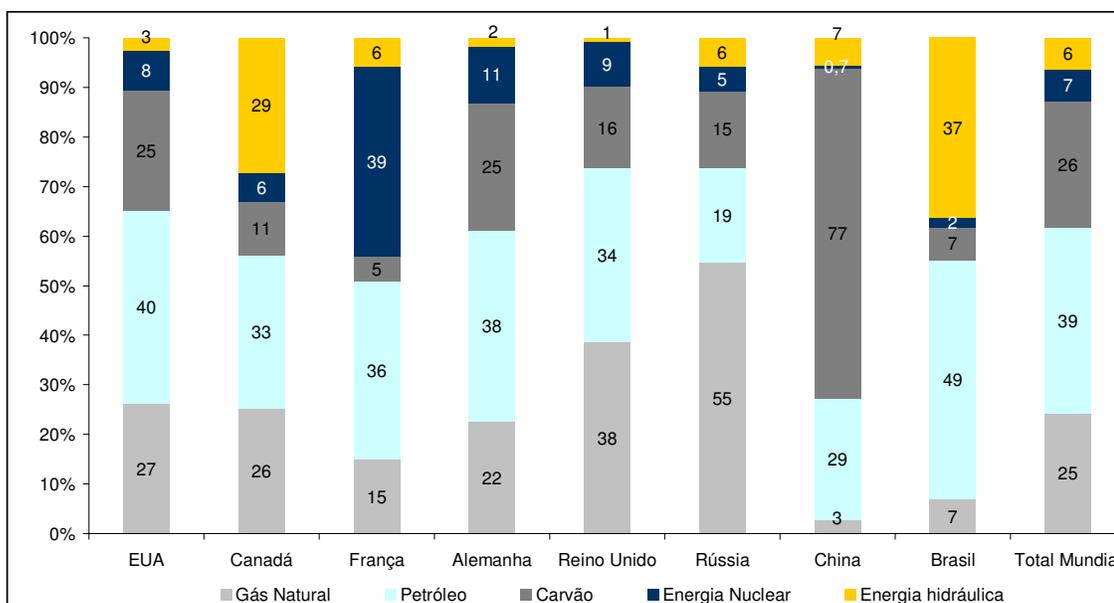
Fonte: BP (2003)

Estimativas apontam que o consumo mundial de gás natural deverá crescer quase 100% entre 1999 – 6,4 bilhões de m³/dia - e 2020², atingindo 12,4 bilhões de m³/dia. Com este crescimento, a participação do gás natural no consumo de energia primária aumentará de 22,7%, em 1999, para 27,6%, em 2020.

No período, o petróleo ainda será o principal combustível consumido, mas a taxa média de crescimento de sua demanda, de 2,2% a.a, será inferior à do gás natural, de 3,2% a.a. Grande parte deste crescimento se dará pela utilização do gás na geração termelétrica.

Em relação ao total mundial de fontes primárias convencionais, o consumo de gás representou 25%³ em 2002. Este elevado consumo mundial de gás natural não se reproduz no Brasil. Como demonstra o Gráfico 3, o combustível teve participação de apenas 7% no consumo de energia primária convencional do país em 2002, permanecendo atrás do petróleo, com 49% do total e da energia hidráulica, com 37%.

Gráfico 3 – Participação das fontes no consumo mundial de energia primária em 2002



Fonte: BP (2003)

2.1 Conceitos Básicos

O gás natural como encontrado na natureza é uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos cujo componente preponderante é sempre o metano (CH₄)⁴.

² EIA (2002)

³ Utilizado para comparações internacionais, este percentual não inclui fontes primárias, como lenha, bagaço de cana, entre outras.

⁴ Para maiores detalhes Ver Costa (2003).

Os processos naturais de formação do gás natural são a degradação da matéria orgânica por bactérias anaeróbicas, a degradação da matéria orgânica e do carvão sob elevadas temperatura e pressão ou da alteração térmica de hidrocarbonetos líquidos.

O gás natural pode ser encontrado no subsolo associado ou não ao petróleo. O gás não associado apresenta os maiores teores de metano, enquanto o gás natural associado apresenta proporções mais significativas de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados.

Além dos hidrocarbonetos fazem parte da composição do gás natural bruto outros componentes, tais como o dióxido de carbono (CO₂), o nitrogênio (N₂), o gás sulfídrico (H₂S), a água, ácido clorídrico (HCl), metanol e partículas sólidas. A presença e proporção destes elementos dependem fundamentalmente da localização do reservatório, se em terra ou no mar, sua condição de associado ou não, do tipo de matéria orgânica ou mistura do qual se originou, da geologia do solo, do tipo de rocha onde se encontra o reservatório etc. A sua composição varia de acordo com o campo de produção como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de composição do gás natural (%)

ELEMENTOS	ASSOCIADO ¹	N. ASSOCIADO ²	PROCESSADO ³
METANO	81,57	87,12	88,56
ETANO	9,17	6,35	9,17
PROPANO	5,13	2,91	0,42
I-BUTANO	0,94	0,52	-
N-BUTANO	1,45	0,87	-
I-PENTANO	0,26	0,25	-
N-PENTANO	0,3	0,23	-
HEXANO	0,15	0,18	-
HEPTANO E SUPERIORES	0,12	0,2	-
NITROGÊNIO	0,52	1,13	1,2
DIÓXIDO DE CARBONO	0,39	0,24	0,65
TOTAL	100	100	100
DENSIDADE	0,71	0,66	0,61
RIQUEZA (% MOL C ₃₊)	8,35	5,16	0,42
PODER CAL.INF. (KCAL/M ³)	9.916	9.249	8.621
PODER CAL.SUP. (KCAL/M ³)	10.941	10.223	9.549

¹ Gás do campo de Garoupa, Bacia de Campos, RJ.

² Gás do campo de Merluza, Bacia de Santos, SP.

³ Saída de UPGN-Candeias, Bahia.

Fonte: Conpet (2003)

O gás natural pode ser utilizado em fins tanto energéticos como não energéticos, sendo nesse último caso usado como matéria-prima na indústria química e de fertilizantes.

Os principais usos do gás natural são: cocção e condicionamento ambiental quente e frio nos setores residencial e comercial, combustível no setor automotivo, combustível, redutor siderúrgico e matéria-prima no setor industrial, e ainda combustível na co-geração e geração termelétrica. Além disso, parte do gás natural é utilizada durante o processo de produção e transporte do produto.

2.2 Etapas da Indústria do Gás Natural

Desde a fase da exploração até o consumo final, o gás passa por uma série de etapas que compõem a sua cadeia, conforme descrito abaixo:

2.2.1 Exploração

A atividade de exploração e desenvolvimento da jazida é similar à de petróleo. Esta etapa é intensiva em capital e de risco elevado. Inicialmente, consiste no reconhecimento de formações rochosas onde normalmente se encontram os reservatórios. Através da sismologia, é possível identificar a presença de fatores que indicam a acumulação de hidrocarbonetos.

2.2.2 Desenvolvimento e Produção

Uma vez confirmada a presença de gás natural, passa-se para a etapa de desenvolvimento, que abrange a perfuração dos poços e a implantação da infraestrutura para produção e escoamento. A produção consiste na extração gás e a sua separação de outras substâncias, tais como água, petróleo, condensados e partículas sólidas, através de separadores. Como no caso do petróleo, a produção de gás pode ser realizada *onshore* ou *offshore*.

Caso o gás possua uma quantidade elevada de enxofre, é levado para uma unidade de dessulfurização. Uma parte do gás natural produzido é consumida no próprio local, no acionamento de turbinas, compressores e em geradores de vapor. O restante do gás é então enviado para a Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN).

2.2.3 Processamento

Nas unidades UPGNs, o gás é desidratado, fracionado e adequado para o transporte e utilização final. O processo de fracionamento propicia a obtenção de metano e de outros hidrocarbonetos, entre os quais etano, gás liquefeito de petróleo – GLP (propano e butano) e gasolina natural.

2.2.4 Transporte

O transporte de gás natural das zonas de produção até os *city-gates* das empresas distribuidoras ou até os grandes consumidores é, em geral, realizado através de gasodutos. O gás pode ainda ser transportado comprimido (GNC) em cilindros de alta pressão, por barcaças ou caminhões, ou liquefeito (GNL) em navios criogênicos.

2.2.5 Armazenagem

A etapa de armazenagem é importante para regularizar o fluxo de entrega final do gás e ocorre, preferencialmente, em áreas próximas aos centros consumidores. A infra-estrutura de armazenagem é usualmente empregada para aliviar a demanda por capacidade em momentos de pico, reduzir as flutuações na entrega e balancear o sistema de transporte.

A armazenagem pode ser feita com o gás sob pressão em formações geológicas porosas e permeáveis, tais como reservatórios aquíferos, cavernas, cavernas de sal, minas e reservatórios esgotados de petróleo e gás natural, ou mesmo liquefeito em depósitos criogênicos.

2.2.6 Distribuição

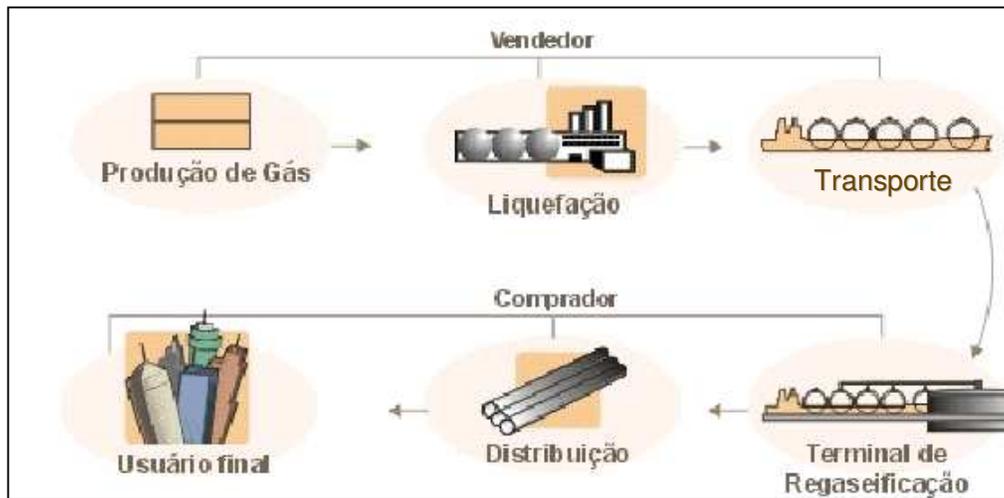
A distribuição ao consumidor final - residencial, comercial, industrial, automotivo e geração de energia elétrica - é realizada através das malhas urbanas de gasodutos, de baixa ou média pressão, e é de responsabilidade da companhia distribuidora. Para tanto o gás deverá atender às especificações para uso, inclusive deverá possuir uma substância odorante, para facilitar a sua percepção em caso de vazamento.

2.3 Gás Natural Liquefeito (GNL)

O gás natural pode ser liquefeito por resfriamento à pressão atmosférica. O gás natural é transportado por gasoduto até uma unidade de tratamento para a retirada

de impurezas e, em seguida, é enviado a um conjunto de trocadores de calor, onde se torna líquido quando sua temperatura é reduzida a -161°C . Com a liquefação, a densidade do gás natural aumenta 600 vezes. Finalmente, é armazenado em tanques antes de ser transportado.

Figura 1 - Sistema de GNL



Fonte: Gasnet (2003)

O transporte de GNL é realizado através de navios metaneiros, onde a sua temperatura é mantida em -161°C . No destino, próximo aos centros consumidores o GNL é regaseificado por aquecimento.

O GNL vem sendo utilizado desde a primeira metade do século XX, nos Estados Unidos, com um forte crescimento durante a década de 70. Por se tratar de um processo bastante oneroso - a liquefação e transporte são intensivos em capital - apenas é viável onde não há oferta local ou a construção de gasodutos é limitada. As plantas de GNL são complexas e, em geral, levam entre 2 e 3 anos para serem concluídas. Os elevados investimentos exigem contratos de compra de gás de longo prazo, entre 20 e 25 anos, a preços relativamente baixos.

Conforme ilustra a Figura 2, a maioria das plantas de GNL localiza-se na Ásia. Japão, Europa e Estados Unidos atualmente são os maiores consumidores de GNL.

Figura 2 - Instalações de GNL em operação



Fonte: Gasnet (2003)

2.4 Gás Natural Comprimido (GNC)

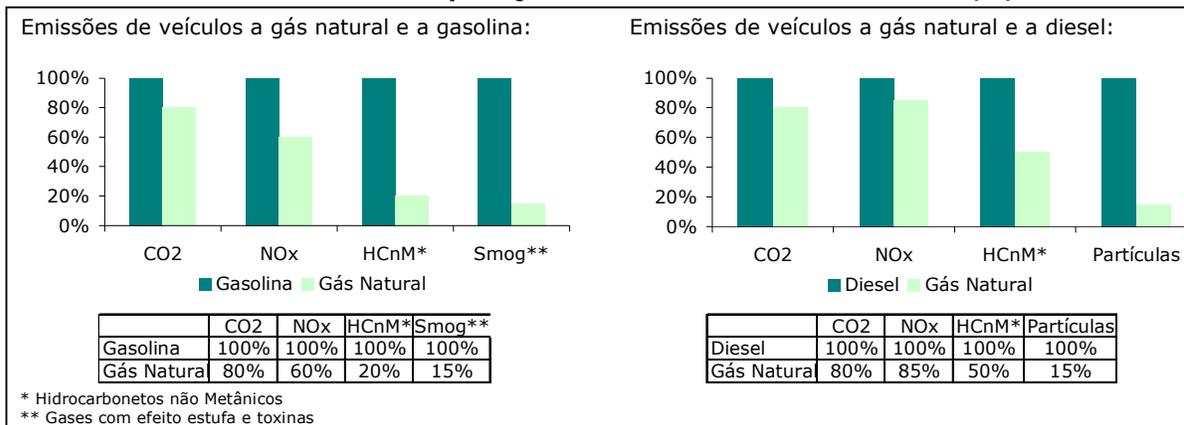
O GNC é obtido comprimindo-se o gás natural até uma pressão de cerca de 220 atm e o seu armazenamento é feito em cilindros.

O GNC é empregado principalmente como combustível veicular. Pode ser utilizado diretamente em motores com ciclo Otto, substituindo o álcool e a gasolina, ou em motores com ciclo Diesel, onde o gás é injetado em menor proporção com o óleo diesel.

A principal vantagem do GNV em relação aos combustíveis líquidos veiculares é quanto à emissão de poluentes, com conseqüente melhoria da qualidade do ar. A queima do gás natural é completa, praticamente não emite fuligem e compostos de enxofre⁵. No Gráfico 4, é apresentada a comparação entre as emissões de veículos a gás natural, gasolina e diesel. As emissões de dióxido de carbono são 20% inferiores no caso de veículos a gás natural se comparados aos outros dois combustíveis. A utilização do gás natural também reduz sensivelmente as emissões de hidratos não metânicos, partículas, gases de efeito estufa e toxinas.

⁵ A redução da emissão de poluentes é ainda maior se comparada aos veículos movidos à gasolina uma vez que o diesel tem mais energia por volume, o que significa que seu desempenho é mais eficiente. Além disso, a queima do diesel é mais completa, o combustível é quase todo convertido em dióxido de carbono e água.

Gráfico 4 - Comparação entre emissões de veículos (%)



Fonte: Associação Portuguesa do Veículo a Gás Natural (2003)

2.5 A Estrutura dos Preços do Gás Natural (GN)

A composição do preço do gás natural para os consumidores residencial, comercial e industrial foi definida em agosto de 2002. O preço do gás natural é composto de três parcelas: os custos da *commodity* – o preço do gás pago aos produtores do gás; os custos de transporte do gás do local de produção até o *city-gate*; e os custos de distribuição do *city-gate* até os consumidores finais.

Vale destacar o maior peso da parcela da distribuição no preço final aos consumidores comercial e residencial, devido aos pequenos volumes transportados e à capilaridade da rede.

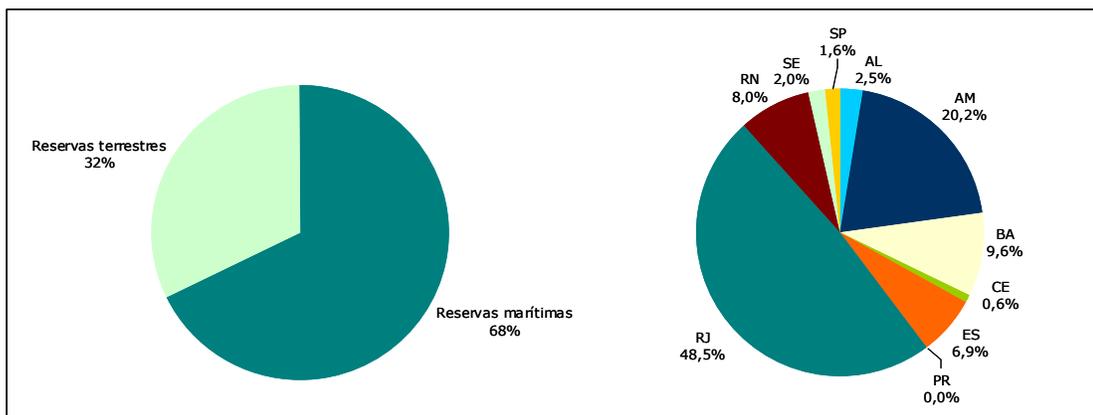
2.6 Estrutura da Oferta e Demanda de Gás Natural no Brasil

2.6.1 Oferta de Gás Natural

2.6.1.1. Produção Nacional

Em 2002, as reservas provadas de gás natural totalizavam 236,6 bilhões de m³. Conforme ilustra o Gráfico 5, 68% das reservas brasileiras de gás são marítimas, sendo metade delas localizadas na Bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro, e 32% das reservas são terrestres, 20% das quais na Bacia do Solimões, no estado do Amazonas.

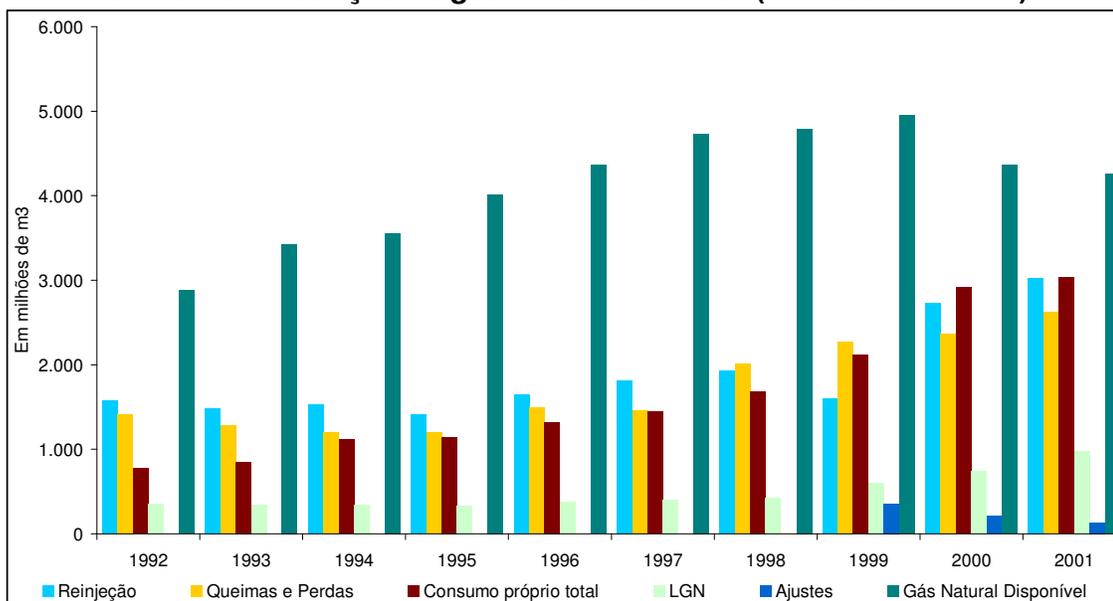
Gráfico 5 - Reservas provadas de gás natural no Brasil em 2002 (%)



Fonte: ANP (2003)

Conforme o Gráfico 6, a produção nacional de gás alcançou 23,8 milhões de m³/dia em 2001. Do total produzido 8,3 milhões de m³/dia foram reinjetados, 7,2 milhões de m³/dia foram queimados ou perdidos e 8,3 milhões de m³/dia foram consumidos na produção. Desta forma, apenas 38% do gás produzido foram disponibilizados para comercialização. Entre 1992 e 2001, a produção de gás natural cresceu, em média, 8% a.a.. Em 2001, a relação entre reservas e produção era de 15,7 anos.

Gráfico 6 - Produção de gás natural no Brasil (milhões de m³/dia)



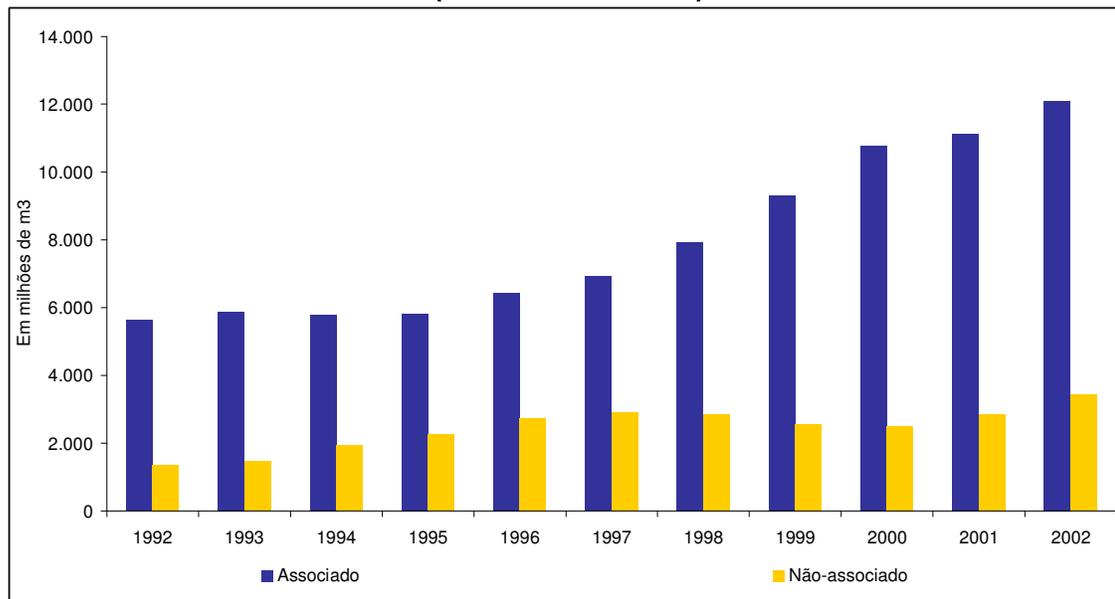
Nota: Gás Natural Disponível - total da produção menos reinjeção, queima e perda, consumo próprio total, GNL e ajustes.

Fonte: ANP (2002)

A queima e a perda de gás natural no Brasil equivalem à cerca de 19% da produção. Este elevado percentual deve-se ao fato de 78% da produção de gás natural ser associada ao petróleo. Como a produção de petróleo cresceu significativamente nos últimos anos, sem haver uma correspondente realização de investimentos necessários ao escoamento ou reinjeção para o aproveitamento do gás associado, recorre-se à queima do gás para se priorizar a produção de petróleo.

A ANP definiu metas de redução do percentual de queima e reinjeção de gás natural para os próximos anos, o que demandará investimentos em infra-estrutura de escoamento e transporte de gás natural.

Gráfico 7 - Produção de gás natural associado e não associado no Brasil (milhões de m³/dia)



Fonte: ANP (2003)

Os custos de escoamento e de transporte do gás natural são relativamente altos e nem sempre há um mercado consumidor de porte que justifique os investimentos necessários. A redução da queima e perda de gás é um grande desafio. A queima resulta na emissão de gás carbônico (CO₂) e a perda libera metano na atmosfera, ambos causadores do efeito estufa.

A atual falta de disponibilidade de gás natural para atender, principalmente, as termelétricas localizadas no Nordeste deve-se à ausência de infra-estrutura tanto de escoamento como de transporte até esta região.

De acordo com o Plano Estratégico da Petrobras 2015 serão investidos cerca de US\$ 3,0 bilhões entre 2004-2010 em projetos visando o desenvolvimento do mercado de gás natural, priorizando a expansão da malha de transporte através dos seguintes projetos:

- Malha de Gasodutos do Nordeste
- Gasoduto Sudeste-Nordeste (GASENE)
- Gasoduto Urucu – Coari – Manaus
- Gasoduto Campinas – RJ
- Malha de Gasodutos do Sudeste

2.6.1.2. Importação de Gás Natural

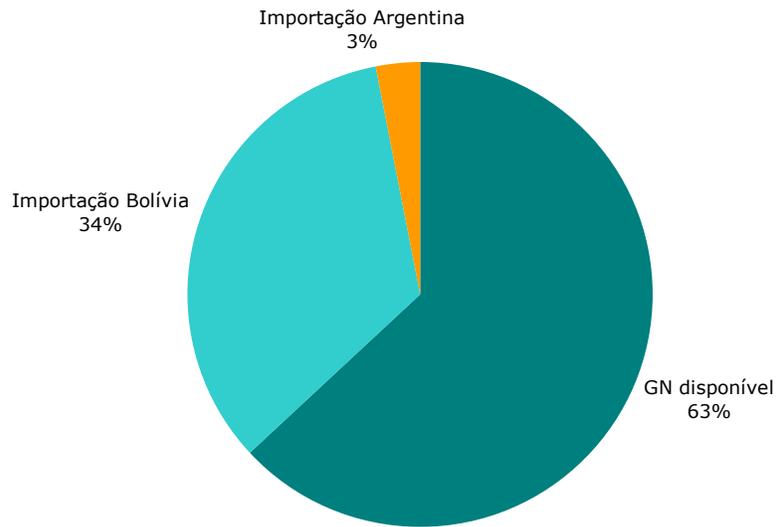
Atualmente as reservas domésticas são insuficientes para garantir o suprimento do mercado interno, sendo assim parte da demanda é atendida por gás importado da Bolívia e da Argentina. As descobertas recentes de gás natural na Bacia de Santos poderão reduzir o ritmo de crescimento das importações de gás natural dos países vizinhos a partir da criação de infra-estrutura de escoamento e transporte nesta região.

As reservas bolivianas são de 680 bilhões de m³ e as de argentinias 760 bilhões de m³. Apesar das suas reservas menores, a Bolívia, por possuir um mercado doméstico pequeno, constitui-se em um potencial exportador de longo prazo. Em 2002, sua capacidade de produção era de 40 milhões de m³/dia, limitada pela capacidade de compressão do sistema produtor, mas sua produção média limitou-se a 15 milhões de m³/dia, para atender ao mercado interno e às exportações para a Argentina e o Brasil. A Argentina, por outro lado, produziu 99 milhões de m³/dia e seu consumo foi de 83 milhões de m³/dia.

De acordo com a ANP, em março de 2003, o Brasil importou cerca de 14 milhões de m³/dia: 92% proveniente da Bolívia e 8% da Argentina⁶. As importações corresponderam a aproximadamente 37% de uma oferta total de 37,6 milhões de m³/dia, como pode ser visto no Gráfico 8.

⁶ O suprimento de gás natural da Argentina atende a termelétrica instalada em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, que, com a queda da demanda de eletricidade, não tem sido despachada freqüentemente.

Gráfico 8 - Oferta total de gás natural no Brasil (%)



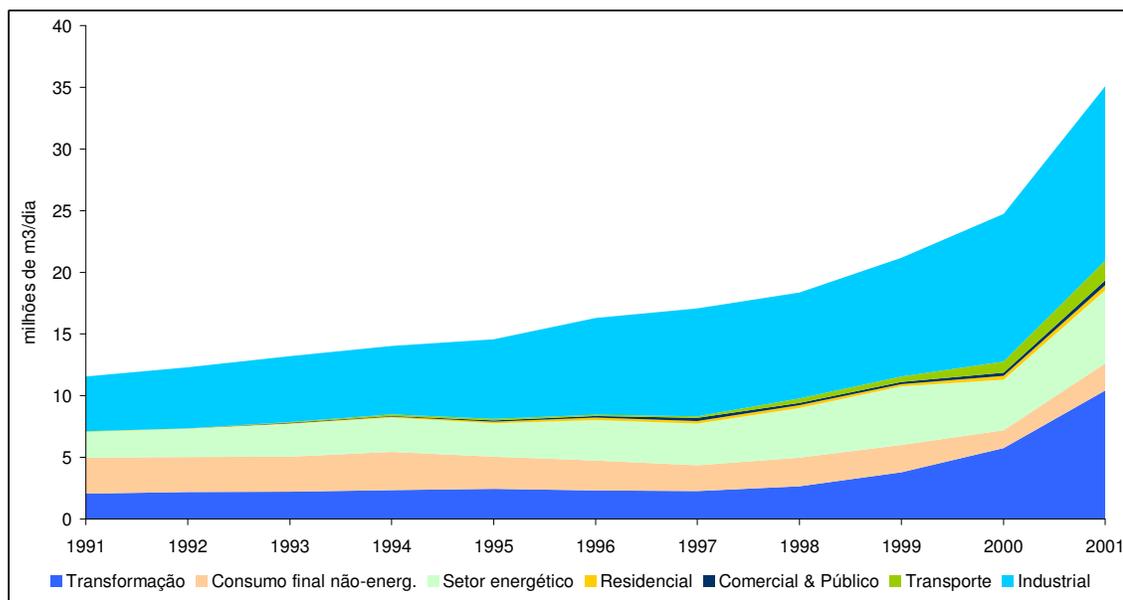
Fonte: ANP (2003).

2.6.2 Demanda de Gás Natural

Conforme apresentado no Gráfico 9, em 2001, a demanda média diária de gás natural no Brasil foi de 35 milhões de m³/dia (BEN, 2002), incluindo 14,4 milhões de m³/dia utilizados nos centros de transformação⁷.

⁷ UPGNs, centrais termelétricas, usinas de gasificação.

Gráfico 9 - Consumo total de gás natural no Brasil (milhões de m³/dia)



Fonte: Balanço Energético Nacional (2002)

Tabela 2 – Consumo de Gás Natural por Setor no Brasil em 2001

Setor	Consumo 2001 (Milhões M ³)	Consumo 2001 (em %)
Transformação	3.808	30%
Consumo final não-energ.	794	6%
Setor Energético	2.166	17%
Residencial	150	1%
Comercial & Público	136	1%
Transporte	591	5%
Industrial	5.160	40%
Total	12.805	100%

Fonte: Balanço Energético Nacional (2002)

O setor industrial foi o principal consumidor e respondeu por cerca de 40,3% do consumo em 2001. Neste setor destacaram-se os segmentos de química e siderurgia, com, respectivamente, 32% e 18% do consumo do setor (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo Industrial de Gás Natural em 2001 no Brasil

Setores Industriais	milhões m³/dia	%
Cimento	0,2	1%
Ferro-gusa e aço	2,5	18%
Mineração e pelletiz.	0,6	4%
Não-fer. e out. metal.	0,7	5%
Química	4,5	32%
Alimentos e bebidas	0,9	6%
Têxtil	0,6	4%
Papel e celulose	1,0	7%
Cerâmica	1,2	9%
Outros	1,8	13%
Total	14	100%

Fonte: Balanço Energético Nacional (2002)

No período entre 1991 e 2001, o consumo de gás natural apresentou uma taxa média anual de crescimento de 12% a.a. As maiores taxas de crescimento individuais foram as dos setores de transporte (GNV), residencial, comercial e público, onde houve uma forte penetração do gás, apesar de possuírem uma base pequena de consumo (Tabela 4).

Tabela 4 – Crescimento do consumo por setor 1991-2001 no Brasil (%)

Setor	Crescimento 1991-2001 a.a.
Transformação	18%
Consumo final não-energ.	-3%
Setor Energético	11%
Residencial	38%
Comercial & Público	42%
Transporte	70%
Industrial	12%
Total	12%

Fonte: Balanço Energético Nacional (2002)

Em 2001, a demanda de GNV era de 2,4 milhões de m³/dia para uma frota de 360 mil veículos convertidos para o gás natural, em 15 estados do país (Rede GásEnergia, 2002). Dados do início de 2003 já apontam para uma frota de 550 mil veículos, atendidos por 565 postos revendedores⁸. Estes números colocam o Brasil em segundo lugar mundial de veículos convertidos para o GNV – Tabela 5.

⁸ International Association for Natural Gas Vehicles (2003) e Gasnet (2003).

Tabela 5 – Frota mundial de veículos a GNV em 2003

País	Frota Veículos a GNV
Argentina	926.352
Brasil	550.000
Itália	434.000
Paquistão	350.000
Índia	137.000
EUA	126.341
China	69.300
Venezuela	44.146
Egito	44.064
Ucrânia	41.000
Outros	92.235
Total Mundo	2.814.438

Nota: Dado dos EUA de setembro/2002

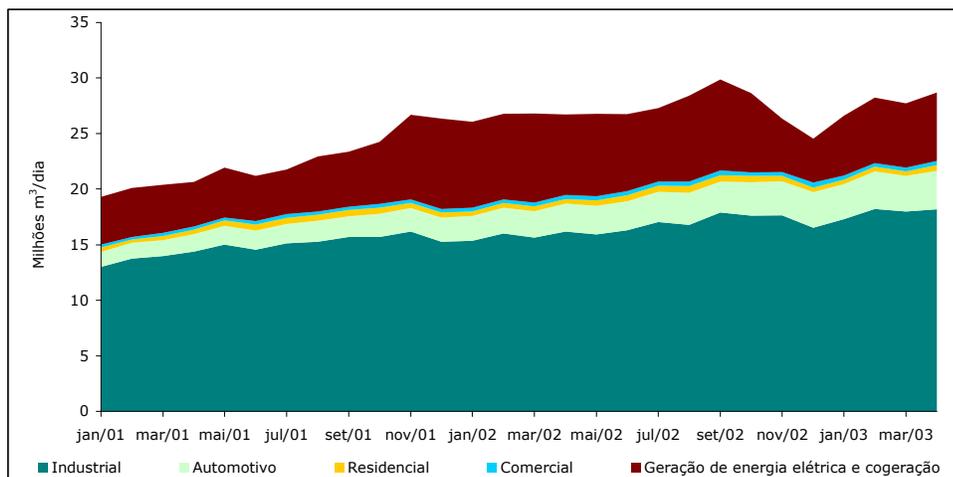
Fonte: IANGV - *International Association for Natural Gas Vehicles*
(2003)

2.6.3 Vendas de Gás Natural

Em abril de 2003, as vendas de gás natural totalizaram 27,7 milhões de m³/dia, de acordo com o Gráfico 10. Os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia concentram 71,4% das vendas nacionais.

Apesar das altas taxas de crescimento do consumo de gás natural registradas até meados de 2002, verifica-se um arrefecimento recente do mercado, com impactos sobre o crescimento das vendas de gás. Como pode ser constatado na Tabela 6, enquanto as vendas no primeiro quadrimestre de 2002 foram 32% maiores do que as do mesmo período de 2001, o seu crescimento no primeiro quadrimestre 2003 foi apenas 5% superior ao mesmo período de 2002. Esta desaceleração da taxa de crescimento vem ocorrendo em todos os segmentos de consumo, principalmente no segmento de geração e cogeração.

Gráfico 10 - Vendas de gás natural das distribuidoras por setor no Brasil (milhões de m³/dia)



Fonte: Revista Brasil Energia (março de 2001 a junho de 2003)

O arrefecimento do mercado de gás natural pode ser explicado pela elevação dos preços do combustível, baixo desempenho da atividade econômica⁹ e redução da demanda de eletricidade que limitou, significativamente, a geração termelétrica a gás.

Tabela 6 - Taxa de crescimento acumulada 2001 e 2002 no Brasil

Segmentos	2001/2002	Acum. jan-abr 2001/2002	Acum. jan-abr 2002/2003
Industrial	12%	15%	13%
Geração e Cogeração	37%	81%	-24%
Automotivo	53%	63%	41%
Comercial	19%	19%	6%
Residencial	6%	18%	2%
Total	20%	32%	5%

Fonte: Revista Brasil Energia (março de 2001 a novembro de 2002)

De acordo com o planejamento estratégico da Petrobras para o período 2004-2010, as vendas de gás natural devem crescer a uma taxa média anual de 12% no quadriênio, atingindo um volume aproximado de 100 milhões de m³/dia em 2010.

É importante notar que, no planejamento anterior, para o período 2001-2005, a estimativa de crescimento das vendas era bem superior, apontando para a uma taxa média anual de 35%, atingindo um volume de 73 milhões de m³/dia em 2005.

⁹ A taxa de crescimento real do PIB foi 1,4% em 2001 e 1,5% em 2002, de acordo com o Banco Central.

A revisão das expectativas de crescimento para vendas deve-se, principalmente, à revisão do Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT)¹⁰, pois os projetos de 25 das 42 usinas previstas no PPT, em 2002, foram paralisados. Ainda assim, o crescimento das vendas de gás natural se mantém impulsionado pelo consumo das termelétricas.

Tabela 7 - Projeção de vendas de GN no Brasil

	2002	2007	2003-2007
	MMm3/dia	MMm3/dia	% a.a.
Outros usos	4,6	7,8	11,4
Industrial	18,5	23,9	5,2
Termelétrica	5,4	17,1	25,8
Total	28,5	48,8	11,4

Fonte: Petrobras (2003)

2.7 Política de preços do gás natural no Brasil

Existem diferentes preços para o gás natural no Brasil: para o gás de produção nacional, para o gás importado e para o gás consumido pelas termelétricas do PPT.

2.7.1 Preço do gás de produção nacional

Dado o caráter nascente da indústria, ao longo da década de 1990, o preço do gás natural foi fixado em equivalência com o preço do óleo diesel ou do óleo combustível¹¹. Era assim em 1994, quando o Departamento Nacional de Combustíveis – DNC, através da Portaria nº 24, fixou o preço máximo do gás natural como 75% do preço de faturamento do óleo combustível A1 nas refinarias.

Em abril de 1999, com a Portaria Interministerial MME/MF nº 92, a relação de preços entre os dois combustíveis foi alterada, passando o gás natural a custar 86,22% do preço de faturamento do óleo combustível A1 nas refinarias.

Em junho de 1999, a Portaria Interministerial MME/MF nº 153 determinou a indexação mensal do preço do óleo combustível ao preço do produto no mercado internacional. Imediatamente, a Portaria Interministerial MME/MF nº 155 estabeleceu

¹⁰ O PPT foi instituído pelo Decreto No 3371 de 24 de fevereiro de 2000. Na Portaria MME nº 43, de 25 de fevereiro de 2000, são definidas 53 termelétricas, das quais 47 a gás natural. Na Portaria Interministerial nº 176, de 1º de junho de 2001, estão definidos os critérios de compra de gás para as usinas constantes do PPT, até o limite de 40 milhões de m³ por dia.

¹¹ Entre 1991 e 1993, o DNC fixava o preço de venda do gás natural da Petrobras para as distribuidoras, para fins automotivos, a partir de uma relação com o preço máximo de venda do óleo diesel no posto revendedor.

novas relações para o preço de venda do gás natural de produção nacional às concessionárias de distribuição de gás canalizado: 86,22% do preço de faturamento do óleo combustível na refinaria, para o gás para fins combustíveis; 91,16% do preço do gás para fins combustíveis, para o gás para fins automotivo; e 65,453% do preço do gás para fins combustíveis, para o gás para uso petroquímico. Automaticamente, o preço do gás natural passou a ser alterado mensalmente sempre que o preço óleo combustível era reajustado.

Em fevereiro de 2000, uma nova estrutura de preço foi estabelecida para o gás natural. Reconhecendo que o custo do transporte do gás natural era uma parcela importante do preço do gás natural e visando diferenciar os preços em diferentes estados, incorporando gradualmente a distância de transporte ao valor cobrado, uma nova regra foi concebida a partir da Portaria Interministerial MME/MF nº 3. O preço do gás nacional passou a incorporar duas parcelas: (i) a primeira referente ao preço do produto (*commodity*) na entrada do gasoduto de transporte – P_{GT} , indexado ao preço internacional do óleo combustível¹²; (ii) e a segunda relacionada à tarifa de transporte – T_{REF} , regulamentada pela Portaria ANP nº 108, de junho de 2000, posteriormente revogada pela Portaria ANP nº 45 de 2002.

Conforme disposto no art. 69 da Lei 9.478/97, com a nova redação dada pela Lei nº 9.990/2000, durante um período de transição, com término em 31 de dezembro de 2001, os preços dos derivados básicos de petróleo e do gás natural seriam reajustados segundo diretrizes dos Ministros de Estado da Fazenda e de Minas e Energia. Em 1º de janeiro de 2002, os preços do gás natural foram desregulamentados.

Em dezembro de 2001, às vésperas da desregulamentação dos preços, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), através da Resolução nº 6, propôs a permanência do controle de preços do gás natural nacional até o estabelecimento da efetiva competição na comercialização do gás natural. Dado que essa iniciativa não se concretizou, através da promulgação de lei, os preços do gás natural vendido pela Petrobras às distribuidoras passaram a ser negociados entre as partes.

¹² A parcela da *commodity* era reajustada seguindo 50% da variação do preço do óleo combustível no mercado internacional e da taxa de câmbio no trimestre anterior da data do reajuste.

2.7.2 Preço do gás natural importado

Os preços do gás natural importado da Bolívia e da Argentina são regidos por contratos de transporte e de comercialização, estabelecidos entre a Petrobras e as concessionárias estaduais, e refletem as condições pactuadas com os produtores estrangeiros e transportadores do gás importado. Os preços são fixados em dólares americanos, sendo a parcela de transporte reajustada conforme a inflação americana e a *commodity* ajustada de acordo com os preços do óleo combustível no mercado internacional.

2.7.3 Preço do gás natural consumido por termelétricas

O gás natural direcionado às termelétricas incluídas no Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT), até o limite de 40 milhões de m³/dia, é tratado de forma diferenciada na política de preços do gás. A Portaria Interministerial MF/MME n° 176 de junho de 2001, estabeleceu um preço que já engloba o transporte e a *commodity*. O gás ofertado é uma combinação de gás nacional (20%) e importado (80%). A parcela de gás nacional é reajustada pelo IGP-M (Índice Geral de Preços de Mercado, FGV) enquanto a parcela de gás importada é corrigida pela taxa de câmbio e o índice de preços ao atacado dos Estados Unidos. O preço é reajustado anualmente de acordo com as datas de aniversário de cada contrato¹³.

2.7.4 Comparação dos preços do gás

O Gráfico 11 compara os diferentes preços do gás natural praticados no *city-gate* do Estado de São de Paulo, em janeiro de 2003. Nesse mês, o preço do gás natural importado da Bolívia superava o preço do produto nacional em 30%. Por sua vez, o preço do gás natural destinado ao PPT estava 23% abaixo do preço do gás boliviano e 9% acima do gás nacional.

Conforme o Gráfico 12, o preço do gás nacional oscilou pouco até junho de 2002. A partir de julho, contudo, o preço sofreu constantes elevações e subiu de cerca R\$5/MMBTU para mais de R\$8/MMBTU em janeiro de 2003, conseqüência do efeito da desvalorização do real frente o dólar americano e do aumento do preço do óleo

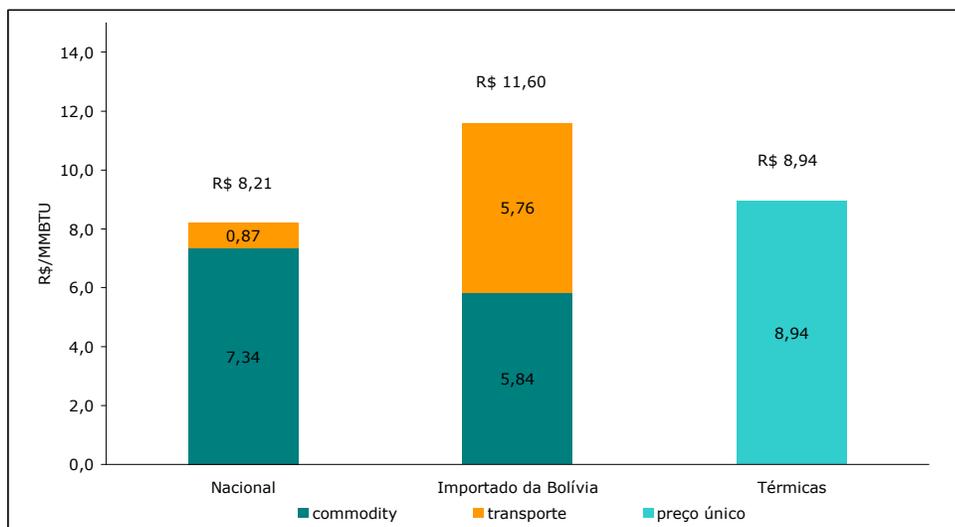
¹³ De acordo com a Portaria Interministerial n° 176/2001, as parcelas serão reajustadas trimestralmente, contudo tais correções são repassadas anualmente para os contratos. As diferenças entre os valores trimestrais e o valor anual são computadas em uma conta de compensação financeira e adicionadas ao reajuste anual.

combustível no mercado internacional, seguindo os critérios da Portaria Interministerial nº 3/2000¹⁴.

O preço do gás boliviano, por sua vez, apresentou um crescimento mais acentuado já a partir de abril de 2002. Devido à sua denominação em dólares americanos¹⁵, o preço do produto boliviano sofreu diretamente o impacto da desvalorização cambial desde do primeiro semestre de 2002, além da tendência ascendente do preço do óleo combustível. Entre janeiro e dezembro de 2002, o valor do gás boliviano aumentou 76% – preços *city-gate* São Paulo.

A partir de novembro de 2002, no entanto, o gás boliviano registrou uma redução considerável influenciada pela valorização cambial do real e convergiu para um valor próximo do gás nacional.

Gráfico 11 - Preços do gás natural no *city-gate* São Paulo em janeiro de 2003 – (R\$/MMBTU)

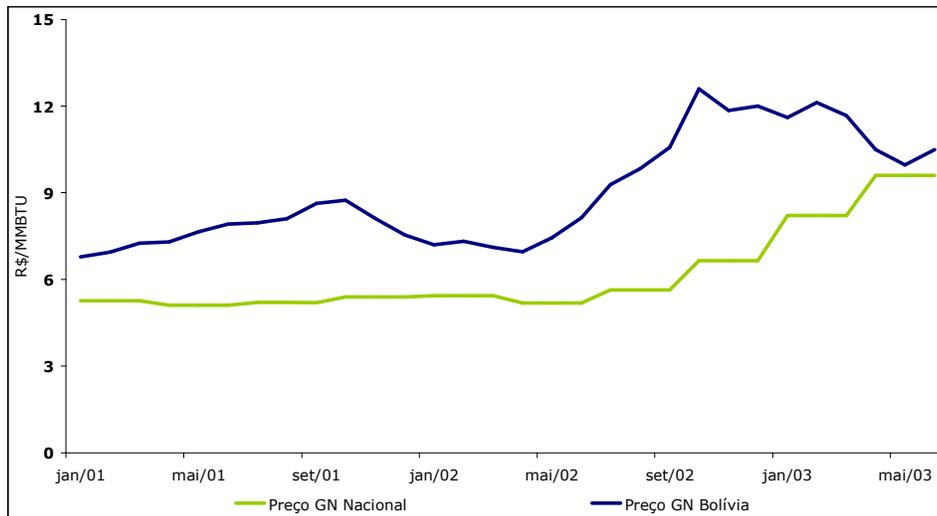


Fontes: Ministério de Minas e Energia (2001), ANP (2003).
Preços sem impostos.

¹⁴ Após o fim do período de transição, a Petrobras continuou utilizando a fórmula de preços contida na Portaria Interministerial nº 3/2000.

¹⁵ Enquanto o preço do produto nacional sofre reajustes de acordo com as variações defasadas da taxa de câmbio, o produto importado é corrigido mensalmente pela taxa de câmbio da data de pagamento dos contratos.

Gráfico 12 - Evolução dos preços do gás natural nacional e boliviano (R\$/MMBTU)



Fontes: Gaspetro, ANP (2003)
Preços sem impostos.

2.8 Agentes do mercado brasileiro de gás natural

A Petrobras é a principal atuante no mercado de gás natural brasileiro. A estatal controla quatro importantes agentes do setor - a TBG (Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil), a Transpetro (Petrobras Transporte), a Gaspetro (Petrobras Gás) e a BR Distribuidora. Detém toda a produção nacional de gás, possui reservas na Argentina, Bolívia, Venezuela, Equador e Peru e detém participação em todos os projetos de transporte, com exceção do gasoduto lateral Cuiabá¹⁶.

Além disso, é acionista em 18 das 24 distribuidoras presentes no país (vide Tabela 8) e a principal investidora das usinas termelétricas a gás. Enfim, participa de todas as etapas da cadeia produtiva do combustível, desde a exploração até o consumo final.

¹⁶ O gasoduto lateral Cuiabá tem como acionistas a Shell e a ENRON, cada empresa com 50% do empreendimento respectivamente.

Tabela 8 - Composição acionária das distribuidoras de gás natural no Brasil

Empresa	Estado	Gaspetro	Enron	BG	Shell	Gas Natural SDG	Iberdrola	Cemig	Copel	CEB	CS Part.	Gaspart	SNAM/ Italgás	Dutopar	Bndespar	Pluspetrol	Textília S.A.	Ementhal	Termogás	Gás Ind. Partic.	Empresa Industrial Técnica	Consórcio Gásgoiano	Consórcio Brasíliagas	Outros
Algás (AL)	17,0%	41,5%										41,5%												
BahiaGás (BA)	17,0%	41,5%										41,5%												
Petrobras (ES)		100,0%																						
CEB (DF)		32,0%								17,0%														
CEG (RJ)			25,4%			18,9%	9,9%								34,5%	2,3%	41,5%						51,0%	9,1%
Cegás (CE)	17,0%	41,5%																						
CEG Rio (RJ)		25,0%				25,1%	13,1%											33,8%						
Cigás (AM)	100,0%																							
Comgás (SP)				72,7%	23,2%																			4,0%
Compagás (PR)		24,5%							51,0%					24,5%										
Copergás (PE)	17,0%	41,5%										41,5%												
Emsergás (SE)	17,0%	41,5%										41,5%												
Gás Brasileiro (SP)													100,0%											
Gasmar (MA)	25,5%	23,5%																	51,0%					
Gasmig (MG)								95,1%																4,9%
Gás Natural SPS (SP)						100,0%																		
Gaspisa (PI)	25,5%	37,3%																						
GoiásGás (GO)	17,0%	28,2%																				42,2%		12,7%
MSGás (MS)	51,0%	49,0%																						
PBgás (PB)	17,0%	41,5%										41,5%												
Potigás (RN)	17,0%	41,5%																						
SCgás (SC)	17,0%	41,0%										41,0%							20,8%	20,8%				
Sulgás (RS)	51,0%	49,0%																						
Rongás (RO)	17,0%	41,5%																						

Fontes: Gasnet (2003)

Esta posição permite a atuação integrada ao longo da cadeia, até a comercialização de energia elétrica.

Com a quebra do monopólio legal da Petrobras, em 1997, novos agentes, nacionais e internacionais, entraram no mercado, principalmente no *upstream* (exploração e produção). Esta entrada deu-se através das quatro rodadas de licitações dos blocos exploratórios realizadas pela ANP, da aquisição de participações em distribuidoras e, em menor escala, da participação em empresas transportadoras de gás natural.

Dentre as empresas presentes no *upstream* estão a British Gás - BG, Ipiranga, Shell, TotalFinaElf, El Paso, Agip e Repsol-YPF. No segmento de transporte, foram constituídas três empresas para operarem os principais gasodutos, a saber:

- Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil - TBG, com participação da Gaspetro (51%), BBPP¹⁷ (29%), Transredes¹⁸ (12%), Shell (4%) e Enron (4%);
- Transportadora Sulbrasileira de Gás - TSB, com participação da Gaspetro (25%), TotalFinaElf (25%), Ipiranga (20%), Tecgas (15%), e Repsol-YPF (15%); e
- Gasocidente, com participação da Enron (50%), Shell (37,5%), e Transredes (12,5%).

Finalmente, Enron, Gas Natural, Pluspetrol, Shell, Iberdrola e Italgás detêm participações nas principais distribuidoras do país.

2.8.1 Redes de Transporte

Como o mercado de gás natural brasileiro é ainda recente e pouco desenvolvido, a infra-estrutura de transporte brasileira é relativamente pequena. Enquanto os EUA possuem uma rede de 450 mil km de extensão, o Brasil possui uma rede de apenas 7,7 mil km, ficando atrás do México, com 9,0 mil km, Argentina, com 12,5 mil km e França, com 24,7 mil km.

A construção de gasodutos inter-regionais tem sido essencial para desenvolver o mercado de gás na América do Sul. A Argentina e Venezuela apresentam mercados

¹⁷ Empresa constituída com participações iguais da BG, El Paso e TotalFina Gas & Power Brazil.

¹⁸ Empresa constituída com participações da Enron (25%), Shell (25%) e FP Bolívia (50%).

maduros. Em ambos países, o consumo de gás natural representou respectivamente 51% e 40% da energia primária consumida em 2002¹⁹.

A Argentina já conta com infra-estrutura interligando as zonas produtoras com países vizinhos como Brasil, Chile e Bolívia. Em contrapartida, a Venezuela está isolada e distante dos grandes centros consumidores. Em relação aos demais países da América Latina, Colômbia e Peru são potenciais produtores, mas que ainda carecem de uma melhor infra-estrutura.

Diversos gasodutos para promover a integração no Cone Sul já foram construídos ou se encontram em fase de estudo ou projeto. Na Tabela 9, encontram-se os principais gasodutos do Cone Sul.

Tabela 9 - Gasodutos de transporte de gás natural no Cone Sul

Gasoduto	Países	Distância km	Capacidade Milhões m³/dia	Investimentos US\$ Milhões
Bolívia-Brasil	Bolívia-Brasil	3.150	30	2100
Lateral Cuiabá	Bolívia-Brasil	631	2,8	576
Paraná-Uruguaiana	Argentina-Brasil	440	15	250
Uruguaiana-Porto Alegre*	Argentina-Brasil	615	12	270
Cruz del Sur*	Argentina-Uruguai-Brasil	920	15-20	400
GasAndes	Argentina-Chile	465	10	325
Gasoduto del Pacifico	Argentina-Chile	537	9	350
GasAtacama	Argentina-Chile	925	8	750
NorAndino	Argentina-Chile	875	7	400

* Em construção/ estudo.

Fonte: EIA (2002), ANP (2001) e BNDES (1999)

O gasoduto Bolívia-Brasil - Gasbol é o principal gasoduto do Brasil e o maior projeto de integração gasífera da América do Sul. Possui com uma extensão de 3,2 mil km e capacidade atual de 17 milhões de m³/dia, com previsão de expansão para 30 milhões de m³/dia. Inaugurado em fevereiro de 1999, o gasoduto ligava Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, a Guararema, em São Paulo. Em uma segunda etapa, em março de 2000, foi inaugurado o trecho que ligou Campinas, em São Paulo, a Porto Alegre, no Rio Grande do Sul.

Em paralelo ao Gasbol, foi construído o Gasoduto Lateral Cuiabá pelo consórcio Gasocidente, para abastecer uma termelétrica em Cuiabá, Mato Grosso. O gasoduto tem capacidade de 2,8 milhões de m³/dia e uma extensão de 626 km.

Para importar gás natural da Argentina, foi construído um gasoduto que conecta a cidade Argentina de Paso de los Libres a Uruguaiana, no Rio Grande do Sul, com

¹⁹ BP (2003).

25km de extensão e capacidade de 12 milhões de m³/dia. Atualmente, o gasoduto apenas fornece gás natural à termelétrica de Uruguaiana. Com a construção do trecho que ligará Uruguaiana a Porto Alegre, com extensão de 565 km, a capital do Rio Grande do Sul poderá ser abastecida também pelo gás natural proveniente da Argentina.

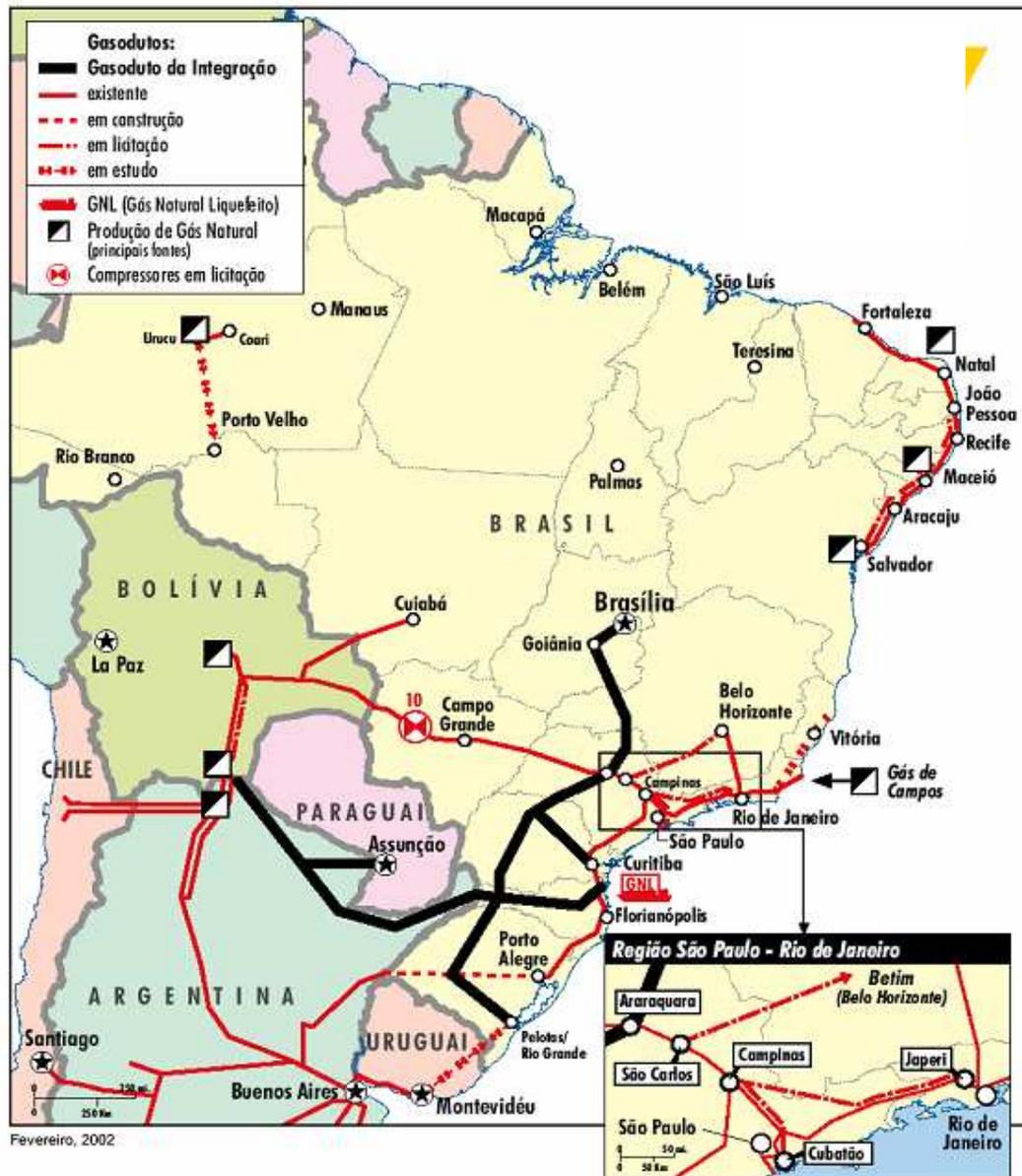
Ainda em fase de estudo encontra-se o Gasoduto da Integração – GASIN. Sua extensão será 5.250 km e os investimentos estimados para a construção do gasoduto serão da ordem de US\$ 5 bilhões. No seu trajeto, o gasoduto deverá interligar Bolívia, Paraguai, Argentina e Brasil, podendo estender-se ao Uruguai. O trecho brasileiro com 3.450 km passará pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás e Brasília. Participam do projeto a Petrobras, a SNAN, do grupo ENI, e a Agência de Desenvolvimento Tietê-Paraná - ADTP.

A malha de gasodutos brasileira de propriedade da Petrobras equivale a 4.900 km²⁰, distribuídos entre o Nordeste – com 44,6% - e Sul e Sudeste – com 55,4%. A estimativa da Petrobras de investimentos para a expansão da rede de transportes brasileira é de US\$ 1,1 bilhão²¹.

²⁰ Petrobras (2001)

²¹ Santos (2002), pp. 15.

Figura 3 - Rede de gasodutos na América do Sul

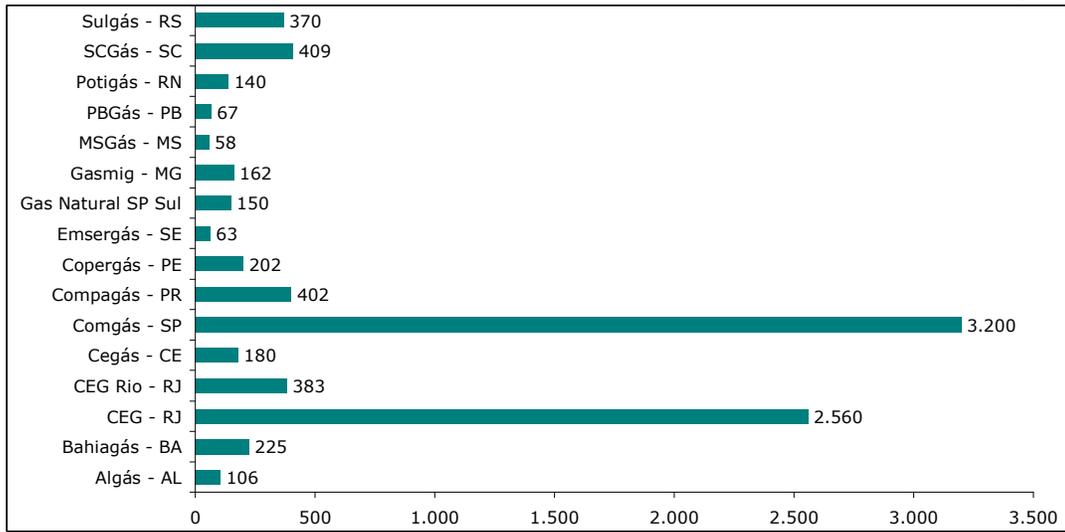


Fonte: Ministério do Planejamento (2003)

2.8.2 Redes de Distribuição

O Brasil possui cerca de 8.677 km de rede de distribuição de gás canalizado (Gráfico 13). Em São Paulo estão implantados 3.200 km pertencentes ao sistema de distribuição da Comgás e, no estado do Rio de Janeiro estão 2.560 km da CEG e 383 km da CEG-Rio. A concentração de consumidores nos segmentos residencial, comercial e industrial viabilizou a implantação dessas malhas nestes estados.

Gráfico 13 - Extensão da rede das distribuidoras em 2001 no Brasil (km)



Fonte: Distribuidoras; Gazeta Mercantil (2002) Balanço Setorial, Junho.

3 REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL NO BRASIL

3.1 Histórico e Atores da Regulação

No fim do século XIX, doze grandes cidades brasileiras possuíam redes de distribuição de gás canalizado, entre elas, Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Recife, Santos, Belém e Salvador. O produto que era inicialmente manufaturado a partir do carvão foi posteriormente substituído pela nafta petroquímica. Durante a Primeira Guerra Mundial, registrou-se um declínio gradual do uso do gás canalizado, devido à escassez do carvão e da nafta no mercado externo. Ademais, com o surgimento da energia elétrica, os investimentos foram deslocados para o setor elétrico. Progressivamente, a maioria das companhias de gás canalizado foi desmantelada.

Apesar da produção nacional de gás natural ter se iniciado por volta de 1940, com a descoberta de jazidas na Bahia, foi somente no final dos anos 80 e início dos anos 90 que o interesse pelo combustível tornou-se crescente, após a descoberta de gás associado ao petróleo na Bacia de Campos.

Do ponto de vista regulatório a década de 80 foi marcada, entretanto, por indefinições institucionais quanto ao agente responsável pelo fornecedor ao setor industrial - principal mercado consumidor - que foi alvo de disputa entre a Petrobras e as distribuidoras. Esta situação perdurou até a promulgação da Constituição Federal de 1988, que, ao conferir aos estados o poder concedente relativo aos serviços de distribuição de gás canalizado, possibilitou uma melhor definição dos papéis e criação de novas distribuidoras estaduais.

A necessidade de recursos financeiros, de capacitação técnica e a questão da transferência de redes de distribuição até então operadas pela Petrobras levaram vários estados, onde não havia empresas de distribuição, à adoção de um modelo tripartite para concepção das novas concessionárias: o controle acionário ficou mantido com os governos estaduais, porém partes do capital social foram alocadas à BR Distribuidora (Petrobras) e a grupos privados.

Em agosto de 1995, a Emenda Constitucional nº 5 alterou essa estrutura ao dar nova redação ao art. 25 da Constituição Federal de 1988, permitindo que a exploração dos serviços locais de gás canalizado fosse concedida as empresas

privadas. Caberia às agências reguladoras estaduais ou às secretarias estaduais, conforme o caso, a regulação da distribuição de gás natural canalizado.

A promessa de uma nova fase de expansão do gás natural no país ressurgiu com a montagem das novas concessionárias e o processo de privatização das distribuidoras do Rio de Janeiro e de São Paulo. Uma maior capacidade de investimento e modernização do setor eram esperadas com o aumento do número de agentes e a incorporação de grandes empresas com experiência internacional na indústria.

No Rio de Janeiro, a Companhia Estadual de Gás - CEG foi adquirida por R\$ 464 milhões pelo consórcio liderado pela espanhola Gas Natural e a norte-americana Enron em 1997, enquanto um outro consórcio, com a participação majoritária das duas empresas citadas, acompanhadas pela Petrobrás, arrematou a concessão da CEG-RIO (Rio-gás) por R\$ 157 milhões.

Em abril de 1999, o controle acionário da distribuidora Companhia de Gás de São Paulo - Comgás foi arrematado por R\$ 1,6 bilhão por um consórcio liderado pela British Gás e contando com a presença da Shell e CPFL. Em novembro de 1999, o grupo italiano ENI, através de suas controladas Agip, Italgás e Snam, adquiriu por R\$ 275 milhões a concessão para atuar na região noroeste de São Paulo, criando a Gas Brasileiro. O direito de exploração de uma terceira área de gás canalizado, a região sul de São Paulo, foi concedida por R\$ 534 milhões ao grupo Gas Natural em leilão realizado em abril de 2000.

O novo arranjo institucional foi consolidado com a Emenda Constitucional nº 9, de novembro de 1995, que flexibilizou o monopólio da Petrobras, e com a Lei nº 9.478, de agosto de 1997, que criou a Agência Nacional do Petróleo - ANP, órgão regulador federal da indústria do petróleo e do gás natural. As atribuições da ANP relacionadas diretamente às atividades da indústria de gás natural estão listadas abaixo:

- incrementar, em bases econômicas, o uso do gás natural;
- garantir o suprimento do gás natural em todo o território nacional;
- proteger os interesses dos consumidores;
- estabelecer critérios para o cálculo de tarifas de transporte do gás natural e

arbitrar seus valores nos casos previstos em lei;

- consolidar anualmente as informações sobre as reservas nacionais do petróleo e gás natural transmitidas pelas empresas, responsabilizando-se por sua divulgação;
- estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias na exploração, produção, transporte e processamento de gás natural.

A Lei 9.478/97 criou, também, as bases para abertura ao investimento privado dos segmentos de exploração, produção, processamento, transporte, importação e exportação de gás natural. De acordo com seu art. 56, qualquer empresa ou consórcio de empresas poderá receber autorização da ANP para construir ou ampliar instalações e exercer qualquer modalidade de transporte de gás natural, seja para suprimento interno ou para importação e exportação.

4 GNV: MERCADO BRASILEIRO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS

4.1 Histórico²²

No Brasil, as primeiras experiências com GNV começaram na década de 80, com a iniciativa governamental de aumentar a participação do gás natural na matriz energética através do segmento de transportes. Em 1987, o MME elaborou o PLANGAS (Plano Nacional de Gás Natural)²³, cujo objetivo principal era promover a substituição do óleo diesel no transporte coletivo.

São Paulo foi a primeira metrópole brasileira a dispor de um ônibus a GNV, cujos testes iniciaram em 1987. Na cidade do Rio de Janeiro, a CTC-RJ (Companhia de Transportes Coletivos), empresa estadual de transportes urbanos, chegou a dispor de uma frota de 150 ônibus movidos a GNV. No entanto, várias barreiras políticas e econômicas impediram o avanço do PLANGAS, dentre outras se destaca a resistência das empresas de ônibus que apontavam com uma das principais limitações a revenda dos veículos usados, dado o pequeno número de municípios atendidos por gasodutos.

Na realidade, naquela época, a indústria do gás natural estava pouco desenvolvida no país e limitava-se, principalmente, ao uso industrial em cidades costeiras devido à sua proximidade às plataformas de exploração. O seu crescimento exigia grandes investimentos para a construção de gasodutos tanto para aumentar a oferta como para expandir as redes de distribuição no interior que promoveriam o crescimento da demanda.

Devido a problemas com a qualidade do ar da cidade, em 1991, São Paulo promulgou a Lei municipal nº 10.950, que estabelecia que as empresas de transporte coletivo da cidade deveriam substituir todos os ônibus com motores a diesel por outros movidos a gás natural, num prazo de 10 anos, a partir da promulgação da lei.

²² Ver Ribeiro (2001).

²³ O Plano Nacional de Gás Natural (Plangas) foi elaborado na segunda metade da década de 1980, sendo uma tentativa de ordenação do setor de gás natural no Brasil. De acordo com o diagnóstico preliminar, projetava um mercado potencial no Brasil de 63 milhões de m³/dia em 1991 e algo em torno de 90 milhões de m³/dia em 1995.

No entanto, após 5 anos, só 133 ônibus, que representavam menos de 2% da frota, circulavam com gás natural. Várias dificuldades conduziram ao atraso das conversões, conforme destacado por FARAH (2001):

- problemas no fornecimento de veículos;
- investimentos requeridos para a implantação de postos de abastecimento;
- elevado tempo de abastecimento;
- baixa autonomia dos veículos;
- qualidade e padronização do gás natural combustível;
- deficiência na rede de abastecimento de gás;
- custos de aquisição e manutenção dos veículos.

Em 1996, a Lei nº 12.140 reviu a regulamentação anterior e estabeleceu novos prazos e taxas de conversão para a frota no município de em São Paulo.

No mesmo ano, inicia-se no Rio de Janeiro um processo de crescimento da frota de automóveis movidos a GNV, onde destaca-se a forte expansão da frota de táxis.

A partir de 1998, este movimento de conversão dos veículos para GNV começa a ser significativo e a frota do Rio de Janeiro já representava mais de 50% da frota brasileira (Ver Tabela 10). Atualmente, o estado do Rio de Janeiro é o líder nacional, tanto na produção de gás natural quanto no consumo de GNV.

A Tabela 10 apresenta uma estimativa da evolução da frota de veículos convertidos no Estado do Rio entre 1996-2003.

Tabela 10 - Evolução da Frota de GNV por Estado

Estado/Ano	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total	% Total Brasil
AL				236	1.720	1.283	1.725	1.754	6.718	1,0%
BA		32	39	217	3.138	5.796	6.170	9.332	24.724	3,9%
CE				443	3.487	7.295	5.746	6.068	23.039	3,6%
ES		2	100	373	4.915	4.776	7.005	6.673	23.844	3,7%
MG		100	157	4.153	7.023	16.539	10.884	9.834	48.690	7,6%
MS							33	963	996	0,2%
PB		50	133	1.652	3.241	2.787	1.646	764	10.273	1,6%
PE		18	98	1.129	6.030	7.587	5.238	5.019	25.119	3,9%
PR					31	3.668	3.313	4.533	11.545	1,8%
RJ	4.000	2.729	5.530	19.034	33.024	60.224	60.373	62.123	247.037	38,5%
RN		250	362	2.278	3.047	5.907	6.156	4.966	22.966	3,6%
RS					11	4.367	5.097	5.328	14.803	2,3%
SC				3		630	2.965	6.380	9.978	1,6%
SE					1.463	1.658	2.434	1.959	7.514	1,2%
SP	800	1.277	2.981	9.517	20.094	25.437	37.779	66.782	164.667	25,7%
Total Anual	4.800	4.458	9.400	39.035	87.224	147.954	156.564	192.478	641.913	100%
Variação %		-7,1%	110,9%	315,3%	123,5%	69,6%	5,8%	22,9%		
Total Acumulado		9.258	18.658	57.693	144.917	292.871	449.435	641.913		

Fonte: www.gasnet.com.br

Cerca de 39% frota brasileira está localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro, sendo a maior frota de veículos rodoviários movidos a gás natural do país, Segundo Ribeiro (2001), o processo de conversão de veículos leves, que começou timidamente na frota de táxis no início da década de 90, alcançava já no ano 2000 cerca de 4% de toda a frota da cidade, ou seja, cerca de 63.200 carros.

Vários fatores têm contribuído para o crescimento da conversão da frota da região metropolitana do Rio de Janeiro, destacando-se, além das vantagens do custo em relação à gasolina, a redução do IPVA de 4% para 1% e o financiamento do kit de conversão.

4.2 Regulamentação da Conversão para o GNV

A regulamentação vem tentando acompanhar o avanço da disseminação do uso do gás natural em veículos automotores. A promulgação do Decreto Presidencial nº 1.787²⁴ desencadeou a publicação pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 25 de abril de 2002, a Resolução CONAMA nº 291 de 2001 que

²⁴ O Decreto Presidencial nº 1.787 de 12 de janeiro de 1996 dispõe sobre a utilização do gás natural para fins automotivos.

regulamenta os conjuntos de componentes do sistema de gás natural para instalação em automóveis.

Nesta resolução ficou instituído o Certificado Ambiental para uso do gás natural (CAGN), a ser emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A partir de 25 de junho de 2002 (90 dias após a publicação do documento) os veículos que possuem o sistema de GNV poderão ser registrados apenas após a apresentação do CAGN. Até o final de 2003, apenas os sistemas de conversão de 9 empresas foram certificados, apesar de existirem no mercado dezenas sistemas de conversão sem certificação²⁵.

Quanto às emissões de poluentes, a resolução estabeleceu que em 90 dias após sua publicação todos os veículos com o sistema de gás natural instalados deverão atender a os limite de emissões CO 2,0 g/km, HC 0,3 g/km, NO_x 0,6 g/km; R-CHO 0,03 g/km; e CO em marcha lenta 0,5%. Ademais, os níveis de emissões do veículo com o sistema de gás natural instalado deverão ser iguais ou inferiores às emissões da configuração original (exceto para hidrocarbonetos totais).

O IBAMA publicou ainda a Instrução Normativa nº 15 em 2002 que estabelece os procedimentos de homologação e certificação de componentes do sistema de gás natural, para a execução das ações previstas na resolução nº 291/01 citada anteriormente.

4.3 Tecnologia Veicular para o Uso de GNV²⁶

O gás natural é um combustível gasoso cujas propriedades químicas se adaptam bem aos requisitos dos motores de combustão interna de ignição por centelha, em função das seguintes características:

- O metano (CH₄), principal componente do gás natural, é o hidrocarboneto que apresenta o menor teor de carbono e, portanto a maior relação hidrogênio/carbono (4:1). Tal fato permite que a combustão do produto apresente índices de emissão de poluentes bem inferiores aos combustíveis tradicionais, como a gasolina e o óleo diesel, utilizados nos motores;

²⁵ No Relatório do Ar de São Paulo (2002) foram analisados 21 sistemas de conversão. Destes apenas 4 apresentaram tecnologia capaz de atender aos limites do PROCONVE.

²⁶ Para maiores detalhes ver Ribeiro, S. K. (2001).

- Composição gasosa do combustível permite uma mistura com o ar muito mais homogênea e uniforme, otimizando a carburação e a distribuição nos cilindros. Isto traz grandes benefícios ao desempenho do motor tanto em relação à partida a frio quanto à estabilidade do seu funcionamento;
- A sua combustão é mais eficiente do que a dos demais combustíveis, ou seja, a formação de produtos indesejados é minimizada, de forma que ocorrem menos depósitos e, conseqüentemente, aumento da vida útil dos componentes do sistema de lubrificação e reduz-se o desgaste dos componentes do motor;
- A sua temperatura de auto-ignição é bastante elevada, sendo que o gás natural também apresenta excelente resistência à detonação, propriedades importantes para os motores de combustão interna de ignição.

O gás natural pode ser empregado em motores de combustão interna que operem no:

- Ciclo Otto: neste ciclo a combustão da mistura (ar + combustível), após ser submetida à compressão nos cilindros, é iniciada por uma centelha. Tradicionalmente, os veículos leves são equipados com motores que operam neste ciclo e utilizam combustíveis como a gasolina e o álcool, os quais apresentam boa resistência à detonação;
- Ciclo Diesel: nos motores que utilizam este ciclo a combustão inicia-se com a auto-ignição do combustível ao ser injetado e misturado com ar quente, previamente submetido a altas taxas de compressão nos cilindros. São motores mais robustos, que utilizam óleo diesel como combustível e que têm rendimento termodinâmico superior àqueles que operam com o ciclo Otto. Veículos pesados que requerem alto torque, como os usados para o transporte de carga ou no coletivo de passageiros, são equipados com motores que utilizam este ciclo.

Os veículos, leves ou pesados, podem dispor de motores projetados para utilizar exclusivamente o GNV, mas também podem ser equipados como motores que operem com dois combustíveis: o GNV e um dos tradicionais (gasolina ou óleo diesel), conforme o ciclo de operação do motor.

4.3.1. Veículos dedicados a GNV²⁷

Os veículos dedicados a GNV, aqueles cujos motores foram projetados para utilizar exclusivamente o GNV como combustível, utilizam o ciclo Otto, pois é neste ciclo em que se podem otimizar as vantagens competitivas do gás em relação aos combustíveis tradicionais.

Os primeiros motores que operavam em ciclo Otto a gás eram bem mais simples do que seus similares a gasolina, mas apresentavam, comparativamente, uma perda de potência de cerca de 10%. Para otimizar o desempenho destes motores, a cada nova geração, os fabricantes incorporam continuamente modificações para maximizar a sua potência.

Atualmente, os avanços tecnológicos incorporados aos sistemas de alimentação e de combustão dos motores deste tipo já permitem reduzir de forma significativa esta diferença.

Estes motores podem ser utilizados tanto em veículos leves como em pesados. Ainda que o Brasil não disponha de automóveis com motores dedicados a GNV, vários fabricantes no mundo, como a Ford, Honda, Toyota, BMW, Fiat, Volvo, Daimler-Chrysler, Nissan e Mitsubishi, têm veículos deste tipo, seja como produtos regulares ou como veículos experimentais ou de demonstração.

Uma das grandes desvantagens dos veículos a GNV é a dependência do gás natural, o que limita a sua autonomia às regiões que disponham de facilidades para seu abastecimento.

4.3.2. Veículos bi-combustível²⁸

Veículos bi-combustível também utilizam motores que operam no ciclo Otto. Neste caso, instala-se um dispositivo de conversão para que o motor opere alternativamente com GNV ou com seu combustível tradicional (gasolina ou álcool).

O dispositivo de conversão para GNV de 1ª geração é composto pelos seguintes sistemas:

- sistema de abastecimento e armazenamento de GNV;

²⁷ Para maiores detalhes ver Ribeiro (2001).

²⁸ Para maiores detalhes ver Ribeiro (2001).

- sistema de redução de pressão;
- sistema de dosagem e mistura de ar/GNV;
- sistema de seleção de combustível (tradicional ou GNV).

Os dispositivos de conversão têm evoluído continuamente a fim de acompanhar o desenvolvimento tecnológico incorporado pela indústria automobilística nos sistemas de dosagem e de injeção de combustível nos motores dos veículos, de tal forma que os dispositivos mais recentes, de 2ª e 3ª geração, incluem componentes para compatibilizar a operação com combustível alternativo nos motores dos veículos equipados com sistemas de injeção eletrônica monoponto ou multiponto²⁹.

Os veículos de 2ª geração possuem tanto o sistema de carburação como o de injeção eletrônica monoponto. Além disso, contam com dispositivo eletrônico para dosagem da mistura ar-combustível. Dessa forma, há um ajuste para a relação ótima da mistura, trazendo um melhor desempenho do motor e menores níveis de emissão de poluentes em comparação com os sistemas de primeira geração.

Os veículos de 3ª geração possuem o sistema de alimentação por injeção eletrônica. Além do dispositivo eletrônico para dosagem da mistura ar-combustível, esses sistemas possuem sensores de oxigênio para medir os gases de escapamento, sendo mais eficazes no controle das emissões de poluentes. Esses sensores permitem um ajuste fino da combustão a partir das informações recebidas dos gases de escapamento, minimizando, assim, as emissões.

4.3.3. Veículos com motores *Dual-Fuel (Flex-Fuel)*

Os motores *dual-fuel* foram desenvolvidos com a finalidade de substituir parcialmente o óleo diesel por GNV em veículos equipados com motores no ciclo diesel. Conforme descrito anteriormente, nos motores que operam com ciclo diesel, o início da combustão faz-se pela auto-ignição do combustível.

Como a temperatura de auto-ignição do gás natural é muito elevada, esta reação não se processa com facilidade como ocorre com o diesel. Para contornar este problema, nos sistemas *dual-fuel* promove-se uma “injeção piloto” de óleo diesel nos cilindros em quantidade suficiente apenas para iniciar e inflamar a mistura de ar +

²⁹ Na injeção eletrônica monoponto, o combustível é injetado em um único ponto, no coletor de admissão de ar antes dos cilindros. Já na multiponto, faz-se a injeção diretamente em cada um dos cilindros.

gás. Desta maneira, o veículo opera em um ciclo misto, pois apresenta características do ciclo diesel até a injeção piloto e as do ciclo Otto após esta injeção. Portanto, diferentemente dos motores bi-combustível, os *dual-fuel* não permitem a operação do veículo ora com o combustível alternativo (GNV) e ora com o tradicional (diesel).

5 ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO GNV NO BRASIL E NO MUNDO

5.1. Impactos Ambientais gerados pelo Setor de Transporte

A poluição do ar é um dos problemas ambientais mais significativos tanto em países em desenvolvimento como desenvolvidos, e os meios de transportes veiculares, como automóveis, ônibus e caminhões são responsáveis por parte importante do problema nas áreas urbanas. Nesse sentido, a expansão da frota circulante acarretou uma elevação preocupante nos níveis de emissões automotivas em várias metrópoles ao redor do mundo.

A poluição atmosférica pode afetar profundamente o equilíbrio do ecossistema, interferindo na fauna, na flora e no meio antrópico, provocando a deterioração de bens materiais e a depreciação dos recursos naturais.

Dentre os efeitos nocivos causados pela poluição atmosférica destacam-se: o aumento de problemas respiratórios nas populações atingidas (podendo inclusive levar à morte os pacientes crônicos), a acidificação de rios e destruição de florestas, a redução da visibilidade e, em escala global, o efeito estufa³⁰.

Além do transporte veicular, são importantes fontes antropogênicas da poluição a emissão de poluentes pelas indústrias, em especial os setores de siderurgia, petroquímica e de cimento, e a queima de carvão e de derivados de petróleo em usinas termelétricas. Estas emissões geram externalidades negativas, pois existe uma perda de bem estar social, na medida em que afetam toda a sociedade sem que esta seja compensada pelos poluidores.

No início da era industrial, em meados do século XVIII, pensava-se que a atmosfera era capaz de absorver a poluição aérea produzida pelo homem, limitando-se as externalidades negativas aos ambientes fechados ou às áreas próximas das fontes de poluição.

Mais recentemente avanços foram obtidos na percepção de que os problemas gerados pela poluição do ar atingem, em diferentes escalas, desde áreas próximas às fontes poluentes em zonas industriais e centros urbanos, até o planeta como um

³⁰ O efeito estufa é o aquecimento da superfície da Terra e da atmosfera devido à presença de gases que possuem a propriedade de reter o calor.

todo. Devido à dispersão através de correntes de ar, os poluentes ultrapassam fronteiras regionais e nacionais.

Nos grandes centros urbanos, mais especificamente, tornam-se cada vez mais freqüentes os períodos em que a poluição do ar atinge níveis críticos, seja pela ausência de ventos, seja pelas inversões térmicas³¹. O caso mais famoso em que os níveis críticos de poluição foram ultrapassados gerando perdas significativas foi o de Londres, em 1952, quando em decorrência de uma inversão térmica morreram cerca de 4 mil pessoas.

Todos os anos milhões de pessoas sofrem graves problemas de saúde, muitas vezes fatais provocadas pela poluição atmosférica. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde - OMS³², cerca de 30 a 40 % dos casos de asma e 20 a 30% de todas as doenças respiratórias estão ligadas à poluição do ar. As estimativas associam a esta causa a morte de 3 milhões de pessoas por ano, o que representa 5% do total de mortes (WHO, 2003).

Em um estudo realizado em 2000 pela Organização Mundial de Saúde, em parceria com o Programa Ambiental das Nações Unidas, foi analisada a qualidade do ar em 20 mega-cidades, entre elas Rio de Janeiro e São Paulo.

A principal observação feita pelo estudo foi que a difusão da poluição atmosférica tem sido mais intensa nos países em desenvolvimento, pois, nos países desenvolvidos, a legislação ambiental tem limitado e reduzido a emissão de poluentes.

A Cidade do México é a cidade com maior concentração de poluentes atmosféricos. Mais de 1 milhão de pessoas, cerca de 6% da população local, sofrem de dificuldade permanente de respiração, dores de cabeça, tosse e irritações nos olhos (WHO, 2003).

No Brasil, estudos realizados em São Paulo indicaram o aumento de 30% do número de mortes em função de doenças respiratórias em crianças menores que 5 anos (WHO, 2003). Este aumento está relacionado à maior concentração de dióxido de nitrogênio na atmosfera (WHO, 2003). Também em São Paulo, um estudo

³¹ A inversão térmica é caracterizada pela superposição de uma camada de ar quente sobre uma camada de ar frio. Este fenômeno impede que o ar perto do solo suba e se disperse. Desta forma, aprisiona os poluentes que se acumulam na camada mais baixa da atmosfera.

³² World Health Organization - WHO.

desenvolvido pela Secretaria de Estado da Saúde, em parceria com a Universidade de São Paulo e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), mostrou que 10% das internações por doenças respiratórias na infância e 9% das mortes em idosos estão relacionadas às elevadas concentrações de material particulado na atmosfera (Freitas, 2002 *apud* IBAMA, 2002).

Em virtude dos problemas causados à saúde pública pela poluição atmosférica, a Organização Mundial de Saúde, em parceria com o Programa Ambiental das Nações Unidas – PNUD, criou, em 1974, o Sistema de Monitoramento Ambiental Global. Este programa tem por objetivo monitorar os níveis de: material particulado, chumbo, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e ozônio nos grandes centros urbanos.

A poluição veicular tem como origens a emissão evaporativa do combustível, a emissão de gases do cárter do motor, a emissão de gases e partículas pelo escapamento do veículo e a emissão de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem.

5.1.1. Emissões de Escapamento

As emissões de escapamento são a maior fonte veicular de poluentes. Os subprodutos da combustão são lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento. Se a combustão fosse ideal e completa os seus produtos seriam apenas dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água (H₂O) e nitrogênio (N₂) presente no ar e que não participa da combustão.

Na prática, porém, a combustão é incompleta e produz, além de CO₂, N₂ e vapor d'água, monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (R-CHO³³) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Verificam-se ainda outros poluentes, tais como material particulado (fuligem) e óxidos de enxofre (SO_x), que somente são expressivos em motores que utilizam óleo diesel.

A emissão de cada um desses poluentes varia de acordo com o tipo de veículo, o combustível utilizado, o tipo de motor, sua regulagem, o estado de manutenção do veículo e a maneira de dirigir.

³³ Radical + CHO

O monóxido de carbono resulta da combustão incompleta do combustível fóssil. Os óxidos de nitrogênio formam-se na câmara de combustão dos motores dos veículos e têm como origem o nitrogênio presente no combustível e no ar³⁴ utilizado na combustão. As elevadas temperaturas, as grandes quantidades de nitrogênio reagem com o oxigênio formando esses óxidos.

Os hidrocarbonetos são frações do combustível que não se queimaram ou que sofreram apenas oxidação parcial. Em geral, as emissões de hidrocarbonetos são diferenciadas em metano (CH₄) e hidrocarbonetos não metano (HCNM). No caso dos veículos a gás natural, o metano está presente em proporção de 80-90% dos gases de escapamento do veículo.

Os óxidos de enxofre resultam da oxidação do enxofre presente nos combustíveis fósseis por ocasião da queima do combustível. Por sua vez, o material particulado é derivado da combustão das frações mais complexas de hidrocarbonetos em condições de insuficiência de oxigênio e tempo para queima adequada.

As emissões de dióxido de enxofre e de material particulado decorrem, sobretudo do escapamento de veículos movidos a óleo diesel, tais como ônibus e caminhões, não sendo considerados importantes nos veículos a gasolina, álcool hidratado e gás natural.

Os aldeídos (R-CHO) são produtos da oxidação parcial dos álcoois durante a queima. Eles podem ser divididos em acetaldeído³⁵ e formaldeído (HCHO)³⁶. O acetaldeído (CH₃CHO) apresenta potencial poluidor mais expressivo, dada a disseminação do uso do etanol, tanto adicionado à gasolina quanto como combustível puro.

O formaldeído é um componente dos gases de escapamento emitido em quantidades muito pequenas nos veículos a gasolina e a álcool e em maiores quantidades nos veículos a gás natural.

³⁴ A composição normal do ar é: 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de argônio, além de outros elementos em menores quantidades.

³⁵ Também denominado etanal, aldeído etílico ou aldeído acético.

³⁶ Também denominado metanal, aldeído fórmico ou formol.

5.1.2. Emissões Evaporativas

As emissões evaporativas resultam de perdas através da vaporização do combustível. Estas emissões se dão principalmente a temperaturas elevadas quando o carro não está em movimento³⁷. Essas emissões originam-se da evaporação do combustível no tanque, no carburador (em motores carburados), nas mangueiras e através de vazamentos e percolações nas conexões (GOMES et al., 1994 *apud* AZUAGA, 2000).

5.1.3. Emissões de Gases do Câster

As emissões do câster são provenientes de gases da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e de vapores do óleo lubrificante. Nos motores atuais³⁸ esses gases são canalizados ao coletor de admissão do motor para serem queimados (GOMES et al., 1994 *apud* AZUAGA, 2000). Os hidrocarbonetos, nas suas distintas configurações, são os elementos poluentes que aparecem em maior proporção nas emissões do câster.

5.2 Principais Poluentes Atmosféricos e seus Impactos

Os poluentes presentes no ar podem ser classificados em duas categorias: primários e secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente por uma fonte identificável. Os poluentes secundários formam-se na atmosfera a partir dos poluentes primários, seja a partir de reações entre eles ou com constituintes comuns da atmosfera, com ou sem irradiação solar.

Os principais poluentes atmosféricos, primários e secundários, decorrentes de emissões de veículos a gasolina, álcool e gás natural são monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO)_x, aldeídos, ozônio (O₃), nitrato (NO₃) e ácido nítrico (HNO₃).

As emissões pelos veículos de dióxido de carbono e de metano, apesar de não oferecerem ameaça direta à saúde humana e ao meio ambiente, contribuem para a intensificação do efeito estufa.

³⁷ As perdas evaporativas com o carro em movimento – *running losses* – são geralmente desprezadas.

³⁸ Com sistemas de controle de emissões.

5.2.1. Monóxido de carbono

O monóxido de carbono encontrado na atmosfera é oriundo principalmente do consumo de combustível tanto por indústrias como por veículos. Nos centros urbanos, no entanto, os veículos são a principal fonte de preocupação, pois, além de emitirem mais do que as indústrias lançam o poluente à altura do sistema respiratório. Desta forma, o monóxido de carbono é encontrado em altos níveis em áreas de intensa circulação de veículos.

O monóxido de carbono é um gás inodoro e incolor que não causa irritação. Este composto é uma das mais perigosas toxinas para o sistema respiratório, já que não é percebido durante a inalação.

Em face da sua afinidade química com a hemoglobina do sangue, o monóxido de carbono combina-se de forma rápida e estável com esta substância, ocupando o lugar destinado ao transporte do oxigênio. Este poluente é um asfixiante sistêmico: a partir de 20% de hemoglobinas saturadas com monóxido de carbono surgem sintomas de falta de oxigenação dos tecidos, acima de 60% de saturação ocorrem a perda de consciência e a morte. A exposição contínua a altos níveis de monóxido de carbono está associada à perda nos reflexos, redução da capacidade de estimar intervalos de tempo, prejuízos à capacidade de aprendizado e de concentração no trabalho e redução da visão.

5.2.2. Óxidos de nitrogênio

Dois óxidos de nitrogênio são importantes na poluição do ar: o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂). O NO, se permanecesse puro, seria um gás praticamente inofensivo e não representaria perigos à saúde. Entretanto, ele se oxida facilmente convertendo-se em NO₂, que é um gás invisível, de odor característico e muito irritante.

O NO₂ reage com todas as partes do corpo expostas ao ar, pele e mucosas, e provoca lesões celulares. Os epitélios (revestimentos celulares) que mais sofrem são aqueles das vias respiratórias, por serem mais sensíveis do que a pele ou os epitélios da boca e da faringe podendo ocorrer degenerações celulares e inflamações no sistema respiratório, desde o nariz até os alvéolos pulmonares.

A exposição a este poluente pode gerar traqueiteismo, bronquites crônicas, enfisema pulmonar³⁹, espessamento da barreira alvéolo-capilar⁴⁰ e broncopneumonias químicas ou infecciosas.

Uma vez que haja um dano permanente ao sistema de defesa respiratória, o indivíduo estará sempre sujeito a infecções das vias respiratórias e dos pulmões. O NO₂, como os demais gases irritantes, é capaz de induzir alterações permanentes ao organismo, especialmente ao sistema respiratório.

Os óxidos de nitrogênio também têm um papel importante na formação de ozônio troposférico. A formação do ozônio troposférico ocorre durante o dia e está relacionada à concentração de óxidos de nitrogênio presentes na atmosfera.

Além dos danos à saúde, o dióxido de nitrogênio é um dos principais compostos causadores da chuva ácida, fenômeno responsável por danos à vegetação e degradação de materiais. A chuva ácida é um fenômeno regional e pode ocorrer à distância da área onde foram produzidos os poluentes que a causam.

Estes compostos ácidos caem sobre a terra juntamente com a chuva e atingem as águas de superfície, aumentando a acidez de rios e lagos, as florestas, causando a degradação da cobertura vegetal e dos solos, os materiais, contribuindo para a corrosão de metais e a deterioração de pinturas e minerais (como o mármore).

5.2.3. Hidrocarbonetos

São gases com odor desagradável (similar ao de gasolina ou do diesel) que causam irritações nos olhos, nariz, pele e no sistema respiratório superior. Além disso, alguns hidrocarbonetos podem vir a causar danos às células humanas, sendo agentes cancerígenos, e causadores da redução dos glóbulos vermelhos e brancos do sangue. Os hidrocarbonetos incluem os compostos orgânicos voláteis, tais como álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos, benzeno e tolueno dentre outros.

Na atmosfera, sob a irradiação solar, esses compostos orgânicos participam junto com o dióxido de nitrogênio na formação do ozônio troposférico, que é responsável

³⁹ Dilatação anormal dos alvéolos pulmonares.

⁴⁰ Dificuldades nas trocas gasosas que ocorrem nos pulmões: CO₂ por O₂.

por sérios danos à saúde humana e constitui um dos principais componentes do “*smog*” fotoquímico⁴¹ que cobre as grandes metrópoles.

5.2.4. Ozônio

O ozônio, por ser um gás extremamente tóxico, pode causar sérios efeitos mesmo em baixa concentração. Provoca irritação dos olhos, nariz e garganta, envelhecimento precoce da pele, náusea, dor de cabeça, tosse, fadiga, aumento do muco, diminuição da resistência orgânica às infecções e agravamento de doenças respiratórias. Além disso, o gás tem forte ação corrosiva e reduz a vida útil dos materiais.

As características da poluição por ozônio são ainda pouco conhecidas. A sua presença na troposfera tem forte relação com fatores climáticos. Sua formação é favorecida pela incidência de luz solar e períodos longos de ausência de ventos.

Cabe ressaltar que o ozônio troposférico tem efeitos distintos do ozônio presente na estratosfera, este último de importância fundamental para filtrar os raios ultravioletas provenientes do sol.

5.2.5. Aldeídos

Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por indústrias, incineradores e veículos ou são produzidos através de reações fotoquímicas. Recentemente, a determinação dos níveis de concentração deste composto na atmosfera tem recebido uma grande atenção, principalmente devido às suas propriedades tóxicas e à participação na formação do “*smog*” fotoquímico.

O metanol dá origem ao formaldeído, enquanto o etanol gera o acetaldeído após a perda de um átomo de hidrogênio. Na temperatura ambiente, o formaldeído é um gás incolor e de cheiro muito agressivo. O acetaldeído é líquido a 21°C e acima desta temperatura transforma-se em gás à pressão atmosférica. É incolor e de cheiro característico.

Pequenas concentrações de aldeídos na atmosfera irritam as mucosas dos olhos, do nariz e das vias respiratórias, agravando problemas respiratórios como a asma e a bronquite, além de provocar náuseas. Em altas concentrações podem afetar o

⁴¹Combinação das palavras inglesas *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina), usada para denominar a cobertura de poluentes que existe sobre muitas cidades.

sistema nervoso central e causar vertigens e convulsões. A presença de aldeídos na atmosfera também prejudica a vegetação.

5.3 Aspectos Ambientais relacionados ao Uso do GNV⁴²

Conforme será analisado a seguir, o uso do gás natural na substituição aos combustíveis tradicionais em veículos leves ou pesados têm vantagens diferenciadas quanto se trata da poluição local ou da poluição global.

5.3.1 Poluição Local

A poluição local pode ser entendida como o tipo de poluição⁴³ que é gerada em uma cidade e que impacta a sua população, vegetação, animais e construções, sem se difundir para regiões mais distantes. Entre estes tipos de problemas ambientais estão: a poluição do ar, a poluição da água, a contaminação dos solos e subsolos, a poluição térmica, a contaminação radioativa e a poluição sonora (MATTOS, 2001).

Para a redução das emissões locais, os países desenvolvidos têm estabelecido desde da década de 60, limites de emissão muito restritos para os veículos leves e pesados. Tal fato promove uma contínua entrada, no mercado automobilístico de novos veículos com diferentes características de emissões, associadas a determinados padrões regulatórios preestabelecidos. Na União Européia, as diretivas para os novos modelos são estabelecidas pelos padrões Euro, sendo que desde o ano 2000 vigora o Euro 3.

Já nos Estados Unidos, a legislação é mais complexa. Além das regulamentações federais existem também as normas estaduais, programas voltados para controle dos combustíveis alternativos e regras próprias para os motores com baixas emissões, por exemplo. As regulamentações federais americanas em vigor são as Tier I; no entanto, as Tier II já foram estabelecidas e vigoram desde de 2004.

No Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), desde 1986, estabelece as diretrizes, prazos e padrões legais admissíveis para as diferentes categorias de veículos e motores, nacionais e importados.

⁴² Ver Ribeiro (2001).

⁴³ Poluição pode ser definida como a adição de qualquer substância ou forma de energia (calor, radioatividade etc.) no meio ambiente em uma taxa mais rápida que o meio ambiente pode absorver e que traga prejuízos de alguma ordem ou perda de bem-estar para o homem.

A principal finalidade das diretrizes nacionais e estrangeiras é reduzir a contaminação atmosférica provocada pelo transporte rodoviário, mediante a fixação de limites de emissão que assegurem níveis baixos de poluição para os veículos novos e baixas taxas de deterioração destes níveis, ao longo da vida útil dos veículos.

A Tabela 11 apresenta os padrões estabelecidos pelas regulamentações vigentes nos Estados Unidos, na Europa e no Brasil. Contudo, os limites não podem ser comparados diretamente, pois são decorrentes de métodos de análise ou de ensaios diferentes.

Tabela 11 - Regulamentação das Emissões de Poluentes Locais

Emissões	Automóvel/Gasolina (g/km)					
	Hoje			Futuro		
	EUA	Europa	Brasil	EUA	Europa	Brasil
	TIER 1	Euro 3	PROCONVE	TIER 2 (2004)	Euro 4 (2005)	PROCONVE (2005)
CO	2,11	2,30	2,00	1,10	1,00	2,00
HCNM	0,16	0,20	0,30	0,08	0,10	0,16
NO _x	0,25	0,15	0,60	0,13	0,08	0,25
Emissões	Veículo pesado/Diesel (g/kWh)					
	Hoje			Futuro		
	EUA	Europa	Brasil	EUA	Europa	Brasil
	US EPA	Euro 3	PROCONVE	TIER 2 (2004)	Euro 4 (2005)	PROCONVE (2005)
CO	21,40	2,10	4,00	21,40	1,50	2,10
HCNM	1,65	0,66	1,10	0,69	0,46	0,66
NO _x	5,50	5,00	7,00	2,80	3,50	5,00
MP	0,14	0,10	0,25	0,14	0,02	0,10

Nota: CO (monóxido de carbono); HCNM (Hidrocarbonetos Não-Metálicos); NO_x (óxidos de nitrogênio); MP (material particulado)

Fonte: Ribeiro (2001)

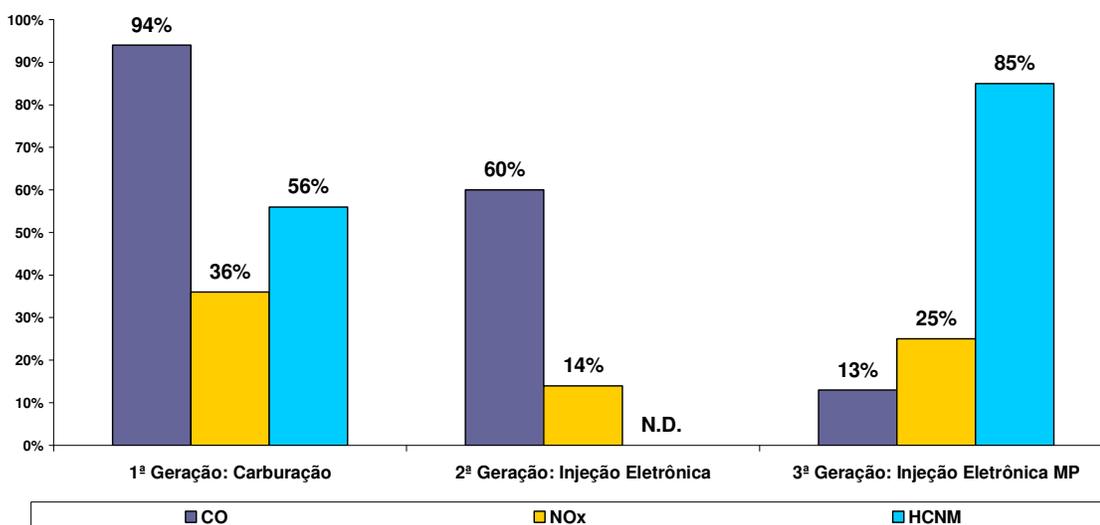
Vale ressaltar que os limites, apresentados na **Tabela 11**, aplicados isoladamente não são suficientes para garantir a qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos. Outros mecanismos de controle precisam ser incentivados pelos órgãos estaduais competentes, como os programas de inspeção e manutenção de veículos em uso, para favorecer a qualidade ambiental. As avaliações que se seguem procuram indicar o potencial de redução dos impactos locais derivados da substituição dos combustíveis tradicionais por GNV.

5.3.1.1. Veículos Leves

Com relação ao aprimoramento dos projetos e à introdução de novas tecnologias nos veículos leves, as vantagens ambientais da conversão para o GNV dependem de diversos fatores, onde se destaca a compatibilidade entre as tecnologias do veículo e dos dispositivos de conversão.

O Gráfico 14 apresenta de forma sintética uma comparação do potencial de redução de emissões de veículos leves movidos às diferentes etapas do PROCONVE. Vale destacar que os potenciais utilizados são teóricos, já que derivam de informações obtidas por fontes internacionais (IANGV, 2001)

Gráfico 14 – Potencial de Redução dos Impactos Ambientais Locais dos Veículos Leves à Gasolina vs Convertidos a GNV



Fonte: IANGV, 2001 (RIBEIRO, 2001)

Pode-se observar que há um grande potencial de redução das emissões dos veículos mais antigos, ou seja, nos veículos de 1ª geração. Já os veículos de 2ª e 3ª geração, esse potencial de ganho é mais limitado para o CO e o NO_x, enquanto o HCNM mantém um potencial elevado de redução de sua emissão.

5.3.1.2. Veículos Pesados

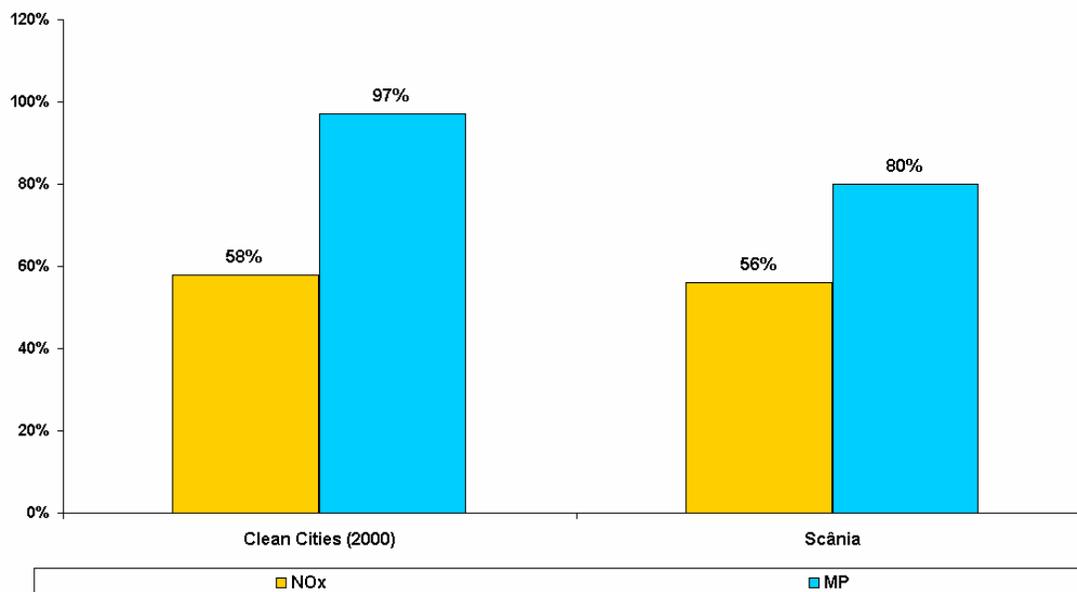
Em relação aos veículos pesados, especificamente os ônibus, a comparação do desempenho ambiental envolve não somente a troca do combustível, ou seja, de diesel para GNV, como também a substituição do motor do ciclo diesel por um do

ciclo Otto. A comparação restringiu-se a veículos novos, já que os resultados limitam-se aos ensaios de emissões efetuados com veículos do tipo *dual-fuel*.

O **Gráfico 15** apresenta um comparativo de emissão de poluentes de veículos pesados operando com diesel e GNV. As duas fontes apresentadas no **Gráfico 15** indicam resultados similares relativos à redução das emissões de NOx, mas no caso do MP (material particulado) verifica-se um potencial de redução maior para o Clean Cities quando comparado a Scânia.

Essa diferença provavelmente decorre de variações no teor de enxofre contido no diesel utilizado em cada teste. Apesar desta divergência, existe um potencial significativo para redução das emissões destes dois poluentes com o uso do GNV em comparação ao diesel, superiores a 50%, em ambos os testes.

Gráfico 15 - Potencial de Redução dos Impactos Ambientais Locais dos Veículos Pesados: Diesel versus GNV



Fonte: IANGV⁴⁴, 2001 apud Ribeiro (2001)

5.3.2. Poluição Global

A poluição global está relacionada a certos problemas ambientais que atingem grandes distâncias. A poluição atmosférica local além de causar impactos onde foi gerada, pode ser carregada por longas distâncias, causando problemas em outras regiões. Um exemplo de poluição regional é a chuva ácida, uma vez que os problemas causados ultrapassam fronteiras e levam os efeitos negativos para países

⁴⁴ IANGV – Internacional Association for Natural Gás Vehicles (www.iangv.org).

que não geraram a poluição. Em alguns casos, os gases responsáveis pela formação da chuva ácida podem ser transportados por até 3.000 km de distância. Este deslocamento depende, entre outros fatores, do regime dos ventos, da frequência das chuvas e das condições da atmosfera. Problemas locais como a poluição das águas, contaminação do solo e subsolo e contaminação radioativa podem atingir amplitudes maiores, resultando em impactos regionais. A contaminação de um rio pode levar uma bacia hidrográfica inteira a se contaminar, dependendo da quantidade de poluente e das condições de dispersão no meio (MATTOS, 2001).

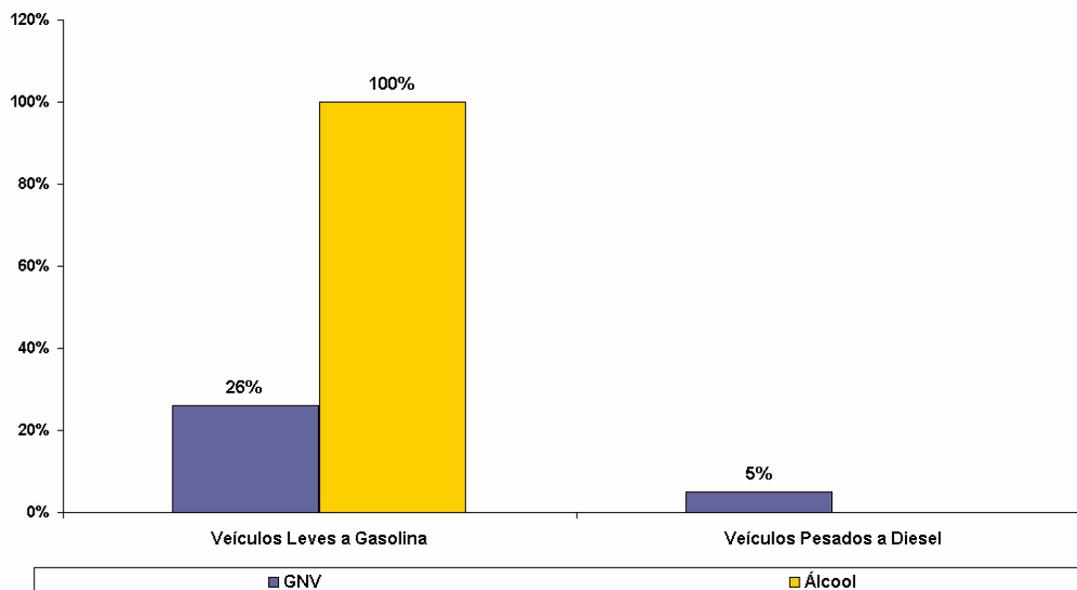
Atualmente, uma das maiores preocupações de todos os países é em relação ao aquecimento global do planeta decorrente da mudança do clima. Esta ameaça surge porque o aquecimento global é uma intensificação do efeito estufa, principalmente devido ao aumento da concentração de carbono na atmosfera, sob a forma de gases como o dióxido de carbono (CO_2) (RIBEIRO, 2001).

O potencial de redução de emissão de CO_2 , conforme apresentado no Gráfico 16, é maior nos veículos que usam GNV em relação aos veículos que utilizam gasolina. Os veículos movidos a GNV podem apresentar redução nas emissões de CO_2 superiores a 20%.

Já em relação ao álcool, o GNV não apresenta vantagem em termos de emissões deste gás de efeito estufa. Uma vez que o álcool é um combustível renovável suas emissões de CO_2 são reabsorvidas no cultivo da cana de açúcar.

Em relação aos veículos pesados movidos a motores diesel, essa redução não é significativa, podendo ser inferior a 5%. Cabe ressaltar que os resultados apresentados no Gráfico 16 não contemplam as emissões fugitivas do metano e nem as de óxidos nitrosos (N_2O), ambos também gases de efeito estufa.

Gráfico 16 - Potencial de Redução de CO₂ emitido por Veículos Leves e Pesados



Nota: considerando a gasolina pura

Fonte: IANGV (2001) apud Ribeiro (2001)

5.4 As Emissões de Poluentes e as Conversões de Veículos no Brasil

Analisando os dados para emissões provenientes de veículos novos no Brasil, coletados pela CETESB, e as informações do International Association for Natural Gas Vehicles (IANGV) para emissões médias oriundas de veículos movidos a GNV, pode-se verificar o potencial de redução das emissões decorrente do uso do gás natural.

Conforme pode ser observado na Tabela 12, a emissão de CO, HC e NOx pelos veículos movidos a GNV é inferior a dos veículos movidos a gasolina e a álcool.

Tabela 12 - Fatores de Emissão de Veículos Leves

	Fonte	Ano Base	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	CO2 (g/km)
GNV	IANGV	2001	0,100	0,081	0,020	n.d.	n.d.
Gasolina C	CETESB	2002	0,430	0,110	0,120	0,004	198,0
Álcool	CETESB	2002	0,740	0,160	0,080	0,017	191,0

Fonte: Cetesb, IANGV e Petrobras (apud Santos)

No entanto, vale assinalar que os ganhos ambientais relativos ao GNV demandam que a conversão dos veículos seja realizada de maneira adequada e haja fiscalização para garantir o cumprimento das regras estabelecidas.

Tomemos, por exemplo, o caso de São Paulo, onde a CETESB, em 2002, realizou testes de laboratório com 21 tecnologias diferentes de conversão para o GNV. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Emissão Veicular da CETESB e envolveram 21 veículos analisados em 4 etapas⁴⁵.

Primeiramente, o teste foi empreendido com os veículos na sua configuração original (gasolina). Depois de convertidos para o uso do GNV, a CETESB realizou duas sessões de testes utilizando o gás natural como combustível. Finalmente, foram feitos testes com os veículos convertidos utilizando a gasolina. A Tabela 13 resume os resultados dos ensaios realizados.

Das 21 tecnologias dos conjuntos de conversão analisadas pela CETESB, apenas 4 atenderam aos limites de emissões de poluentes do PROCONVE.

Tabela 13 - Emissão Média¹ de Poluentes de Veículos Convertidos para GNV (g/km)

Medição	Motorização	Poluente (g/km)				Atendimento ao Proconve
		CO	HC	NO _x	CO ₂	
Antes da Conversão	Gasolina C	1,16	0,13	0,24	200,4	Atende
Após a conversão	GNV	0,80	0,44	0,90	159,1	Não atende
	Gasolina C	3,95	0,24	0,20	198,6	Não atende

¹ Médias de 21 convertedoras com veículos em uso que originalmente atendiam aos limites da fase III do PROCONVE. Dessas conversões apenas quatro atenderam os limites do PROCONVE, utilizando tanto GNV quanto gasolina C.

Fonte: CETESB (2003)

De acordo com a Tabela 13, a conversão de veículos para bi-combustível tem aumentado as emissões de poluentes acima dos padrões estabelecidos pelo PROCONVE.

Os veículos convertidos, quando utilizando gasolina, emitem cerca de 241% mais monóxido de carbono e 85% de hidrocarbonetos do que os veículos originais

⁴⁵ Os veículos aferidos eram de diferentes anos de fabricação. Com o objetivo de uniformizar as condições de funcionamento de cada veículo em relação ao seu ano de fabricação, a CETESB empreendeu uma revisão mecânica compreendendo troca de velas, filtro de ar e regulagem em geral. Sendo assim, a CETESB assegurou que os veículos atendiam aos padrões de emissões do PROCONVE para os respectivos anos de fabricação.

movidos a gasolina. Quando consumindo GNV, os veículos emitem 238% mais HC e 245% mais NO_x do que os veículos originais a gasolina.

Esta constatação merece atenção especial, na medida em que, no estabelecimento de vantagens fiscais e de preços para o GNV, há um entendimento geral que o uso do combustível traz vantagens ambientais significativas. No caso de conversões mal feitas ou empregando *kits* de baixa qualidade, o GNV torna-se um fator de deterioração potencial em termos ambientais.

6 A EXPERIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE JANEIRO NA CONVERSÃO DE VEÍCULOS PARA GNV

6.1 Análise da Experiência da Cidade do Rio de Janeiro

De forma a embasar a avaliação da experiência do município de Campos dos Goytacazes com o GNV, serão revisados nessa seção alguns aspectos fundamentais da penetração do GNV na cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 14 - Frota de Veículos da Cidade do Rio de Janeiro por Classe de Veículo e Combustível

Tipo de Combustível	Classe de Veículo					Total
	Comerciais		Transporte		Biciclos Triciclos	
	Passeio	Leves	Coletivo	Carga		
Rio de Janeiro	1.399.247	113.005	19.313	32.578	80.624	1.644.767
Gasolina	1.117.419	81.493	349	2.217	80.512	1.281.990
Álcool	262.919	11.720	8	111	101	274.859
Diesel	2.400	11.947	18.709	30.182	10	63.248
Outros	16.509	7.845	247	68	1	24.670
% RJ/Brasil	6%	3%	5%	2%	2%	5%
Brasil	23.241.966	3.469.927	427.213	1.836.203	4.732.331	33.707.640

Fonte: GEIPOT, 2000

Em 2000, a frota do município do Rio de Janeiro representava 5% do total da frota brasileira, posicionando-se como a segunda em tamanho no país. A cidade de São Paulo ocupava a primeira posição com cerca de 5.031.732 veículos, o que representava 15% da frota nacional.

O primeiro posto de GNV inaugurado no Brasil foi no município do Rio de Janeiro em 1991 a partir da publicação, em 2001, das seguintes Portarias do Ministério de Infra-Estrutura nº 107 e 222 e da Portaria do DNC (Departamento Nacional de Combustíveis) nº 26.

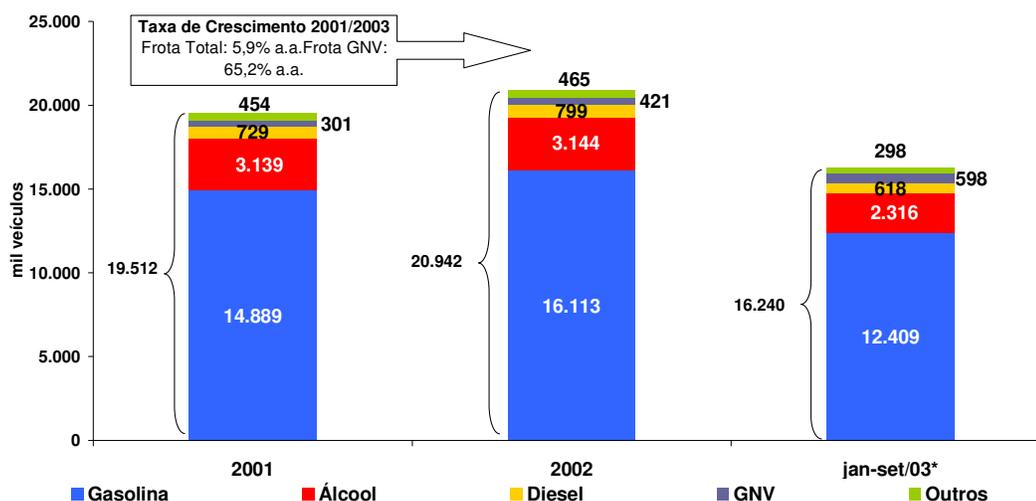
A evolução expressiva da frota é resultante da publicação das presentes Portarias, da rede de gás natural existente no município do Rio de Janeiro bem como a proximidade da Bacia de Campos, onde é produzida a maior quantidade de gás natural no país. Vale ressaltar também a alta densidade demográfica do município, fator este que beneficiou a sua posição de destaque em relação as demais capitais do Brasil.

Vale destacar que 85% a frota do município do Rio de Janeiro é de veículos de passeio e os outros 15% restantes são divididos entre os veículos comerciais leves (7%), bicislos e triciclos (5%), transporte de carga (2%) e transporte coletivo (1%).

De acordo com o Gráfico 17, a frota de veículos do município do Rio de Janeiro registrou um crescimento de 5,9% a.a. entre 2001 e 2003, enquanto a taxa verificada na frota de GNV foi de 65,2% a.a..

Cabe salientar que este crescimento pode ser ainda maior, pois os dados do Departamento de Trânsito (Detran-RJ) são reconhecidamente subestimados, dado que nem todos os veículos convertidos para GNV comunicam a conversão ao órgão,

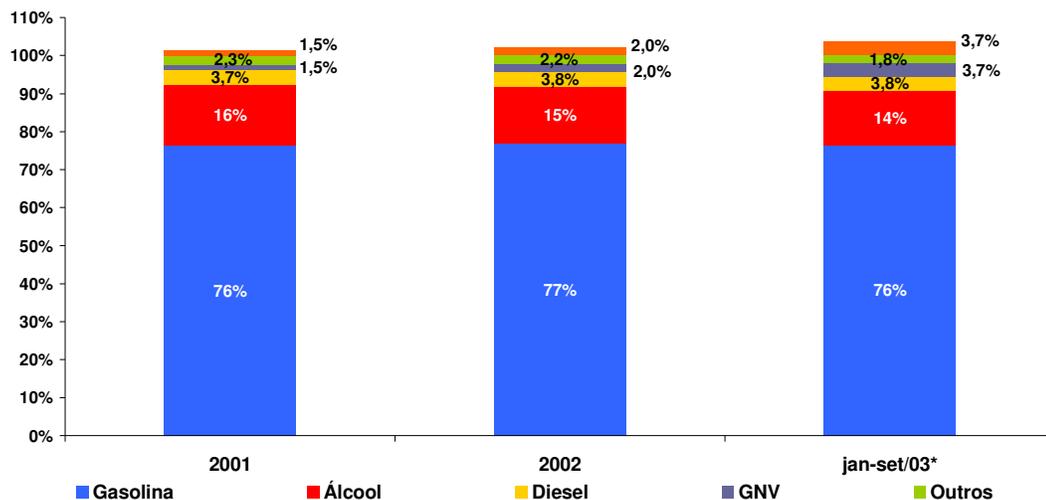
Gráfico 17 - Frota do Município do Rio de Janeiro por Combustível



Fonte: DETRAN-RJ

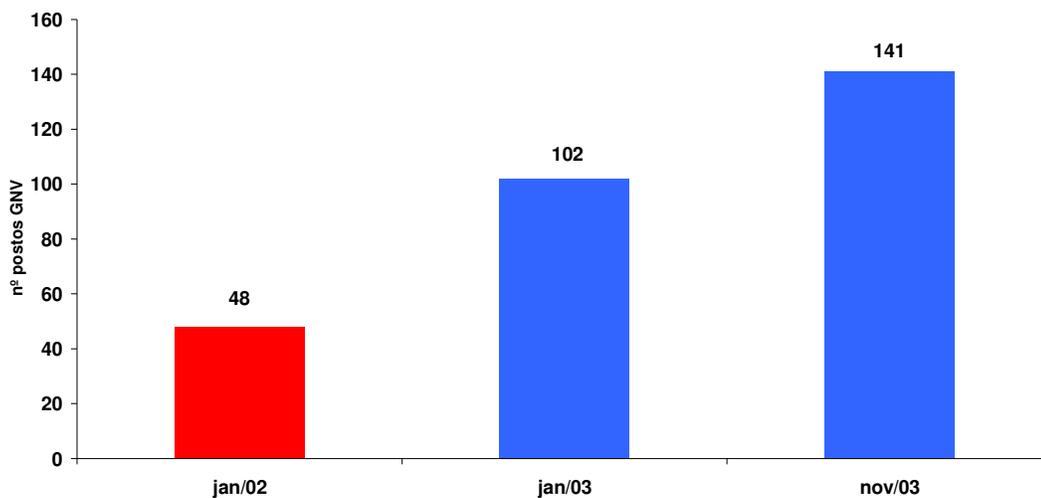
Entre 2001-2003, os veículos a gasolina mantêm uma participação de 76% da frota do município do Rio Janeiro. A frota de veículos a diesel mantém o percentual de 4% enquanto a frota de veículos a álcool registrou um decréscimo no período, passando de 16% para 14%. Notadamente, o destaque é para o aumento da participação da frota de veículos a GNV que era de 2% , em 2001, e já chegou a quase 4% em 2003. (ver Gráfico 18).

Gráfico 18 - Frota de GNV do Município do Rio de Janeiro



Fonte: Detran-RJ

Gráfico 19 - Evolução do Nº de Postos de GNV no Município do Rio de Janeiro



Fonte: Gasnet

Entre jan/02 e nov/03, verificou-se um crescimento de 194% no número de postos de GNV no município do Rio do Janeiro, acompanhamento o crescimento da frota conforme apresentado no Gráfico 19.

Na Tabela 15 são apresentados os parâmetros básicos referentes ao mercado de GNV no município do Rio de Janeiro. De acordo com a Gasnet (O site do Gás Natural - www.gasnet.com.br), em novembro de 2003 foram vendidos cerca de 1.416 mil m³/dia de GNV pelos 141 postos existentes no município.

Tabela 15 - Perfil do Mercado de GNV no Município do Rio de Janeiro em nov/03

Perfil do Mercado de GNV no Rio de Janeiro	
Venda (mil m ³ /dia):	1.416
Número Postos:	141
Número Veículos:	232.096
Veículos/Posto:	1.646
Consumo Médio/Veículo (m ³ /dia):	183
Venda média/posto (mil m ³ /dia):	301

Fonte: Gasnet

6.2 Comparação do Rendimento Médio (R\$/km) entre os Veículos Movidos a Gasolina, Álcool e GNV

Tabela 16 - Comparação entre o Consumo de Gasolina, Álcool e GNV

	Consumo (l ou m ³)	Preço Combustível (R\$/l ou R\$/m ³)	Gasto/dia	Custo/km	Gasto Mensal (30 dias)	Consumo (km/l ou km/m ³)
GNV	18	1,073	R\$ 19,31	R\$ 0,08	R\$ 579,42	13,8
Alcool	31	1,231	R\$ 38,16	R\$ 0,15	R\$ 1.144,83	8,0
Gasolina	28	1,977	R\$ 55,36	R\$ 0,22	R\$ 1.660,68	9,0

Nota: Preço GNV, Fonte: ANP. Preço médio de dez/03 para o RJ. Base para cálculo: 250 km/dia
Fontes: Gasnet e ANP.

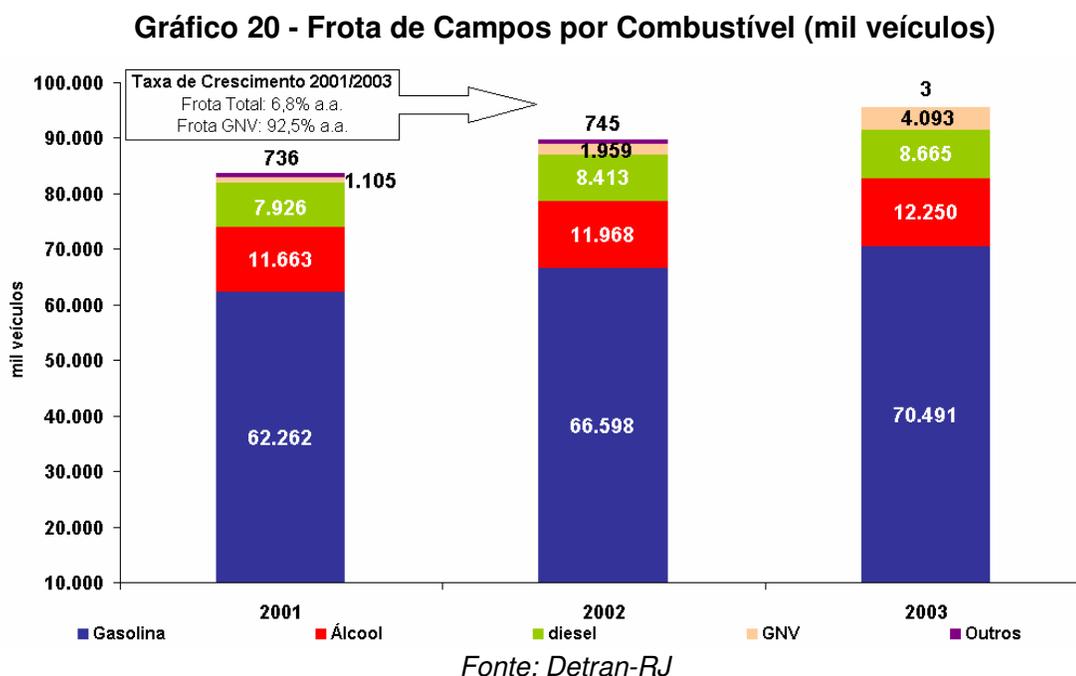
A principal vantagem econômica diz respeito ao menor preço de comercialização do GNV quando comparado com a gasolina e o álcool hidratado, conforme pode ser verificado na Tabela 16. Os preços dos combustíveis são referentes a dezembro de 2003 e coletados pela ANP. O parâmetro de consumo (km/l ou km/m³) é o apurado pela Gasnet para veículos de passeio.

Utilizando-se estas informações, o gasto médio de um automóvel movido a GNV, que percorre 250 km/dia, seria de R\$ 19,31 por dia (R\$ 579,42 por mês), enquanto para um veículo movido a álcool o gasto seria de R\$ 38,16 (R\$ 1.144,83 por mês) e a despesa de um veículo movido a gasolina seria de R\$ 55,36 (R\$ 1.660,68 por mês).

7 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE CONVERSÃO DOS VEÍCULOS DA PREFEITURA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES

O município de Campos dos Goytacazes possui mais de 400 mil habitantes, sendo a oitava maior população do estado do Rio de Janeiro. Campos dos Goytacazes tem a maior concentração populacional no estado do Rio de Janeiro, fora da região metropolitana do município do Rio de Janeiro, haja vista que 90% de sua população é urbana. Em 2000, o PIB do município girava em torno de R\$ 1,7 bilhão o que conduz a uma renda *per capita* de R\$ 4.280 – 40º no ranking estadual.

Em dezembro de 2003, a frota de veículos da cidade era de 95.502, cabendo ressaltar que enquanto a frota total de veículos apresentou uma taxa de crescimento de 6,8% a.a., a frota de GNV registrou um crescimento de 92,5% a.a. (Ver Gráfico 20).



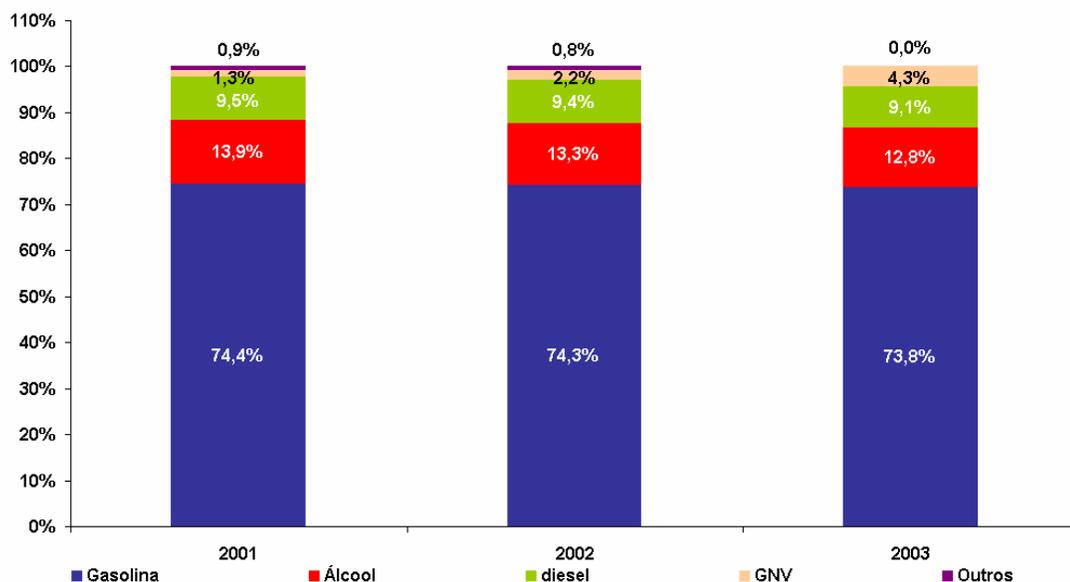
O expressivo crescimento da frota de GNV entre 2001-2003 é decorrente do abastecimento pela Ceg Rio do Pólo Cerâmico de Campos que propiciou a inauguração do primeiro posto no final de 2000. Em dezembro de 2003, os investimentos na extensão do gasoduto Cabiúnas-Campos foram concluídos e propiciaram o atendimento da demanda dos segmentos residencial, comercial, industrial, postos de GNV e projetos de climatização e cogeração.

A principal razão associada à elevação da frota de veículos movidos a GNV está relacionada às vantagens associadas à utilização deste combustível: preço competitivo do GNV em relação aos principais concorrentes (gasolina, álcool e diesel) e o desconto concedido no IPVA do automóvel, compensando a despesa na conversão com a aquisição do kit.

De acordo com o Gráfico 21, a frota de GNV representava 1,3% da frota de Campos em 2001 e, em 2003, já é de 4,3%. A frota de veículos a gasolina é a maior, representando cerca de 74% da frota total do município.

A composição da frota do município assemelha-se à do município do Rio de Janeiro. Observa-se uma redução da frota de veículos a álcool de 14% para 13%, enquanto a frota de veículos a diesel manteve uma participação de 9% no período. Cabe ressaltar que o município de Campos dispõe de apenas 5 postos com o fornecimento de GNV e a composição da frota de GNV, em 2003, já era de 4,3%.

Gráfico 21 - Frota de Campos por Combustível (em %)



Fonte: Detran-RJ

De acordo com os dados do DETRAN-RJ, a frota de veículos de Campos é composta, basicamente, por particulares que representam cerca de 95% da frota total (95.502 veículos). A frota de táxi é de cerca de 8% (7.410 veículos) e a frota oficial é inferior a 1% da frota total (481 veículos), sendo da Prefeitura de Campos dos Goytacazes de 282 veículos.

7.1 Consumo da Frota de Campos dos Goytacazes

Com o objetivo de estimar o gasto com consumo de combustível da frota de veículos da prefeitura de Campos dos Goytacazes foram utilizados os parâmetros para o consumo (km/l ou km/m³) do GNV, gasolina e álcool, apresentados pela Gasnet, e os respectivos preços coletados pela ANP no município.

Tabela 17 - Comparação entre o Consumo de Gasolina, Álcool e GNV para o Município de Campos dos Goytacazes

	Consumo Diário (l ou m ³)	Preço Combustível (R\$/l ou R\$/m ³)	Gasto/dia	Custo/km	Gasto Mensal (30 dias)	Consumo (km/l ou km/m ³)
GNV	14	1,070	R\$ 15,51	R\$ 0,08	R\$ 465,22	13,8
Alcool	25	1,066	R\$ 26,65	R\$ 0,13	R\$ 799,50	8,0
Gasolina	22	1,992	R\$ 44,27	R\$ 0,22	R\$ 1.328,00	9,0

Nota: Preço médio de dez/03 para o município de Campos dos Goytacazes - RJ (ANP). Base para cálculo: 200 km/dia

Fontes: Gasnet e ANP,2003

Conforme pode também ser observado na Tabela 17, o veículo movido a GNV é mais econômico que os veículos a gasolina e a álcool. Para o mesmo percurso diário de 200km/dia, o gasto mensal de um veículo movido a GNV representa 58% do gasto mensal de um veículo movido a álcool e 35% de um veículo movido a gasolina.

Tomando como exemplo a frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes, podemos comparar o gasto atual com álcool e gasolina (ver Tabela 18) e a estimativa de gasto (ver Tabela 19), caso a frota da Prefeitura fosse totalmente convertida para o GNV.

Tabela 18 - Consumo da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes

Veículo (combustível)	Frota (n°)	Km/dia	Consumo Diário (litro)	Preço Combustível (R\$/l)	Gasto/dia (R\$)	Gasto Mensal (30 dias)
Álcool	31	135	16,9	1,07	R\$ 557,65	R\$ 16.729,54
Gasolina	251	135	15,0	1,99	R\$ 7.499,88	R\$ 224.996,40
Total	282		31,9		R\$ 8.057,53	R\$ 241.725,94

Nota: Preço médio de nov/03 para o RJ (ANP). Base para cálculo: 200 km/dia

Fontes: Prefeitura de Campos dos Goytacazes, Gasnet e ANP

De acordo com a Tabela 19, caso a frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes fosse convertida para GNV, seria possível economizar cerca de R\$ 5.105,73 diariamente, o que representaria uma economia mensal de R\$ 153.171,81.

Tabela 19 - Estimativa de Consumo (m³) e Custo (R\$/ m³) de GNV pela Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes

Veículo (combustível)	Frota (n°)	Km/dia	Consumo Diário (litro ou m ³)	Preço Combustível (R\$/l)	Gasto/dia (R\$)	Gasto Mensal (30 dias)
GNV	282	135	9,8	1,07	R\$ 2.951,80	R\$ 88.554,13
Álcool	31	135	16,9	1,07	R\$ 557,65	R\$ 16.729,54
Gasolina	251	135	15,0	1,99	R\$ 7.499,88	R\$ 224.996,40
Economia					(R\$ 5.105,73)	(R\$ 153.171,81)

Fontes: Gasnet e ANP

Cabe ressaltar que somente a frota da Prefeitura consumiria em média cerca de 82.908 m³/mês, volume de venda de GNV acima do ponto de equilíbrio econômico-financeiro de 60.000 m³/mês, apontado pela Compagás como necessário para viabilizar esse tipo de investimento.

Considerando a frota atual de GNV do município de Campos dos Goytacazes, verifica-se um volume médio de venda de 380.000 m³/mês. Esse volume de venda é compatível também com o número de postos de GNV, no caso cinco, disponíveis no município e suficientes para atender a demanda e a rentabilidade dos mesmos.

7.2 Conversão da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes

A estimativa de gasto de conversão da frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes foi realizada utilizando o custo médio de conversão (R\$ 2.562,00) a partir dos dados disponíveis no site das empresas convertedoras listadas na Tabela 20.

Tabela 20 - Pesquisa de kits para conversão de GNV

Kit	Capacidade do cilindro	Valor da instalação	Parcelamento (s/juros)
Rodagás	14 m ³	R\$3.270	3x
Mazzi	16 m ³	R\$2.170	3x
REG	16 m ³	R\$2.170	3x
BRC/REG	16 m ³	R\$2.600	4x
KGM	16 m ³	R\$2.500	4x
GNC/Galileo	16 m ³	R\$3.100	4x
BRC	15 m ³	R\$2.250	4x
Tomasetto	15 m ³	R\$2.500	5x
Landi Renzo	16 m ³	R\$2.500	4x
Valor Médio		R\$2.562	

Nota: Levantamento de preços dos kits de GNV em 12/11/03. Veículo pesquisado: Santana 1.8 a gasolina 2001

Fonte: *Elaboração Própria*

O investimento em conversão da frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV seria de aproximadamente R\$ 722.484,00 (ver Tabela 21), levando em consideração os valores de mercado apresentados na Tabela 20.

Tabela 21 - Custo de Conversão da Frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV

Veículo (combustível)	Frota (n°)	Custo de conversão unitário	Custo conversão da frota	Financiamento em 3 parcelas	Financiamento em 4 parcelas	Financiamento em 5 parcelas
Álcool	31	R\$ 2.562,00	R\$ 79.422,00	R\$ 26.474,00	R\$ 19.855,50	R\$ 15.884,40
Gasolina	251	R\$ 2.562,00	R\$ 643.062,00	R\$ 214.354,00	R\$ 160.765,50	R\$ 128.612,40
Total	282		R\$ 722.484,00	R\$ 240.828,00	R\$ 180.621,00	R\$ 144.496,80

Fonte: *Elaboração Própria*

Do ponto de vista das oficinas especializadas somente na conversão dos veículos, a instalação de uma empresa que ofereça esse tipo de serviço prescinde da realização de, no mínimo, 20 conversões por mês. É desejável que a oficina ofereça outros serviços, tais como: regulagem de injeção, câmbio, mecânica geral etc., e não dependa exclusivamente do serviço de conversão.

Vale ressaltar que, de acordo com estimativa feita pela Gasnet, o gasto com manutenção de veículos convertidos a GNV é o mesmo dos veículos movidos a gasolina e álcool.

Na Tabela 21, confronta-se o fluxo de pagamentos realizados para conversão dos veículos da Prefeitura com a economia mensal estimada de acordo com os dados da

Tabela 19. Na análise, foi considerado que o investimento inicial seria pago em três parcelas iguais a começar no primeiro mês de utilização dos veículos.

A Tabela 22 apresenta o fluxo de receita (Economia) decorrente da conversão para GNV da frota de veículos da prefeitura de Campos dos Goytacazes para um período de 6 meses.

Tabela 22 - Estimativa do Fluxo de Gasto com a Frota movida a GNV

Gasto	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Gas + Alc	R\$ 241.726					
Gasto GNV	R\$ 88.554					
Economia	R\$ 153.172	R\$ 306.344	R\$ 459.515	R\$ 612.687	R\$ 765.859	R\$ 919.031

Fonte: Elaboração Própria

Para o cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) e da TIR (Taxa Interna de Retorno), utilizamos os seguintes dados de entrada: investimento na conversão da frota de veículos da prefeitura no valor de R\$ 722.284,00; receita mensal do projeto de R\$ 153.172,00 por mês e uma taxa de desconto de 1,5% a.m., refletindo a SELIC que é o custo de oportunidade do capital, conforme demonstrado na Tabela 23.

Tabela 23 – Cálculo do VPL e da TIR

Dados de Entrada para Cálculo do VPL e TIR		
Investimento		R\$ 722.484
Receita Mensal do Projeto		R\$ 153.172
Taxa de Desconto (Custo de Oportunidade = SELIC)		1,5% am
Período	VPL (Valor Presente Líquido)	TIR
6 meses	R\$ 150.164	7,34%
12 meses	R\$ 948.238	18,41%
24 meses	R\$ 2.345.609	20,98%
36 meses	R\$ 3.514.353	21,18%
48 meses	R\$ 4.491.816	21,20%
60 meses	R\$ 5.309.463	21,20%

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a Tabela 23, o VPL e a TIR são positivas para todos os períodos analisados. Conclui-se que o projeto em questão é um excelente investimento, pois a TIR para o período acima de 24 meses supera 20%.

Na Tabela 24, o VPL é apresentado uma comparação das emissões médias que a princípio estariam relacionadas à frota de veículos da Prefeitura, utilizando-se como

base os fatores de emissões definidos na Tabela 12. Como não se dispõe de informações precisas acerca do estado da frota e das emissões efetivas, os dados levantados são estimativas indicativas do potencial de redução de emissões. No caso, destaca-se para as possíveis reduções das emissões de CO, NOx e CO₂.

No caso específico da frota de veículos da Prefeitura de Campos dos Goytacazes, a conversão para GNV traria duas principais vantagens. A primeira é financeira haja vista o preço por Km do GNV ser mais baixo que a gasolina e o diesel. A segunda vantagem está relacionada à redução da emissão veicular, cabendo ressaltar que o seu sucesso dependerá da qualidade dos kits que serão utilizados na conversão.

Sendo assim, os resultados financeiros aliados à redução da emissão de gases poluentes, os quais estão respectivamente apresentados nas Tabela 22 e Tabela 24, além de proporcionar uma redução dos gastos em combustível com a frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes, reduziriam também a emissão de gases poluentes colaborando desta forma para a redução da poluição local e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade do ar.

Tabela 24 - Comparação da Emissão Diária da Frota Atual da Prefeitura de Campos dos Goytacazes com Frota movida a GNV

	Frota	Km/d	Km/d da Frota	CO (g/dia)	HC (g/dia)	NOx (g/dia)	RCHO (g/dia)	CO ₂ (g/dia)
Gasolina C	251	185	46.435	19.967	5.108	5.572	186	9.194.130
Álcool	31	70	2.170	1.606	347	174	37	414.470
Total	282	255	48.605	21.573	5.455	5.746	223	9.608.600
GNV	282	255	48.605	4.861	3.937	972	n.d.	7.110.364
% Redução				77%	28%	83%	n.d.	-26%
Balanco				-16.712	-1.518	-4.774	n.d.	-2.498.236

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a Tabela 24, a conversão da frota da Prefeitura de Campos dos Goytacazes para GNV representaria uma redução das emissões de CO (77%), NOx (83%) e de CO₂ (26%) quando comparado aos níveis atuais de emissão desses mesmos poluentes.

Conforme verificamos anteriormente, no teste realizado pela Cetesb a simples conversão dos veículos para GNV não garante a redução das emissões veiculares, é

preciso ater-se à qualidade dos kits e da conversão como também no monitoramento dos veículos convertidos. Esse acompanhamento é necessário para que a prefeitura possa alcançar os dois objetivos associados ao uso do GNV: a redução dos gastos com combustíveis e a melhoria do ar do município de Campos dos Goytacazes.

8 CONCLUSÃO

8.1 Resumo

Até o início da década de 1980, o Brasil tinha ainda uma oferta de gás natural incipiente e limitada, exclusivamente, ao Estado da Bahia. As descobertas na Bacia de Campos, no final dos anos 70, começaram a dar um novo impulso para o crescimento do mercado de gás no Brasil.

No final da década de 90, a constituição da Agência Nacional do Petróleo (ANP) fomentou a esperança de se alcançar um arcabouço regulatório transparente e estável. A criação das distribuidoras estaduais traria a expansão da capilaridade e a conclusão das obras do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), finalmente, proveria o mercado da oferta do produto. Adicionalmente, vislumbrava-se, com a escassez de eletricidade que marcou o ano de 2001, o sinal econômico para impulsionar a expansão das termelétricas, âncora para a demanda de gás no país.

A partir de 2001, verifica-se, entretanto, um arrefecimento do mercado de gás natural, explicado pela elevação dos preços do combustível, baixo desempenho da atividade econômica e redução da demanda de eletricidade após o racionamento que limitou, significativamente, a geração termelétrica a gás.

Em 2003, apesar da desaceleração da economia, o consumo de GNV apresentou em crescimento de 40%, sendo impulsionado principalmente pela forte competitividade deste energético em relação ao álcool e gasolina.

No caso do Estado do Rio de Janeiro, o crescimento da demanda de GNV vem impulsionando investimentos na expansão da infra-estrutura de transporte e de distribuição de gás natural para o interior do Estado. Após um forte crescimento da frota de veículos convertidos a GNV na região metropolitana do Rio de Janeiro, esse movimento começa a ser observado em outras regiões do Estado.

Nota-se, também, que a expansão do GNV dá suporte à expansão da infra-estrutura de distribuição para outros municípios que ainda não contam com o gás natural. A expansão do GNV poderá trazer benefícios consideráveis relacionados à redução dos gastos com combustíveis e para a melhoria da qualidade do ar, decorrente da

redução das emissões veiculares que são hoje a principal fonte de poluição atmosférica tanto local quanto global.

8.2 Análise e Recomendações

Em relação ao futuro do GNV no Brasil, duas questões mostram-se fundamentais. Primeiramente, há uma necessidade de uma política de longo prazo que assegure preços competitivos e promova a expansão da rede e do consumo para outras regiões que ainda não dispõem de acesso ao gás natural e também a segmentos como o de transporte público e pesado.

Segundo, os governos dos municípios, estados e da União devem coordenar esforços no sentido de fiscalizarem as condições de segurança das instalações nos postos de serviço e dos veículos convertidos e de fazerem cumprir os padrões de qualidade técnica e ambiental relativo ao processo de conversão. Pois na prática, o benefício ambiental do GNV no Brasil vem sendo questionado. A baixa qualidade e o atraso tecnológico de muitos dos kits utilizados nas conversões veiculares não trazem redução da emissão de poluentes e, em muitos casos, verifica-se até mesmo um aumento da emissão de alguns poluentes. Por exemplo, a CETESB analisou recentemente 21 tecnologias de conversão e constatou que apenas 4 atendiam aos limites de emissões de poluentes do PROCONVE.

Os incentivos ao uso do GNV deveriam ser direcionados à frota oficial, transporte coletivo urbano, estimulando, principalmente, a substituição dos veículos movidos a diesel e gasolina por veículos movidos a GNV. Este tipo de política traria uma melhoria na qualidade do ar nos centros urbanos, além de reduzir o custo do transporte público.

8.3 Considerações Finais

No caso específico de Campos dos Goytacazes, a utilização do gás natural teve início com o uso de GNV como a maioria dos municípios distantes das grandes metrópoles, mas que ficam localizados próximos a malha de gasoduto. Sem dúvida, o GNV tem funcionado como âncora para a implantação de infra-estrutura de transporte e de distribuição no interior do Estado do Rio de Janeiro.

Na maioria dos casos, a oferta de gás natural é dimensionada em função do mercado potencial. A realização de investimentos na implantação de infra-estrutura

de distribuição de gás natural em Campos dos Goytacazes deve-se às seguintes características: município de médio porte com alta concentração demográfica e industrial.

Como o GNV foi o primeiro segmento a ser explorado na região, a análise desta dissertação ateu-se somente a este mercado, avaliando os ganhos financeiros e ambientais relacionados à conversão da frota de veículos leves da prefeitura. Caso a frota considerada fosse convertida para GNV, seria possível economizar cerca de R\$ 5.105,73 diariamente em decorrência do custo (R\$/km) do GNV, o que representaria uma economia mensal de R\$ 153.171,81 para prefeitura. Para tanto, seria necessário um investimento de R\$ 722.484,00 para a conversão dos veículos. No entanto, o VPL e a TIR são positivas para todos os períodos analisados. Concluiu-se que o projeto em questão é um excelente investimento.

O balanço positivo também se estende para um potencial de redução de emissões, com destaque para as possíveis reduções das emissões de CO, NOx e CO₂.

Mas para que esses ganhos sejam efetivos é preciso que a Prefeitura coordene ações que incentivem a conversão de forma correta utilizando kits de boa qualidade juntamente a um programa de monitoramento constante desta frota.

Esse acompanhamento é necessário para que a prefeitura possa assegurar os dois objetivos associados ao uso do GNV: redução dos gastos e a melhoria do ar do município de Campos dos Goytacazes.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. e CARDOSO, M. (2002) *A Política de Preço e o Desenvolvimento do Mercado GNV Brasileiro*, www.gasvirtual.com.br.

ALMEIDA, E. e CARDOSO, M. (2002) *Gasoduto Virtual: uma Opção Criativa para a Expansão do GNV*, www.gasvirtual.com.br

ANP (2002), *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural*.

ANP (2002), *Panorama da Indústria de Gás Natural no Brasil: Aspectos Regulatórios e Desafios*, Nota Técnica ANP No 16, julho.

ANP (2003) *Dados Estatísticos Mensais*, www.anp.gov.br/petro/dadosestatisticos.asp?id=2, extraídos em Jun/03.

Associação Portuguesa de Veículos de Gás Natural (2003) *Introdução ao GNC*, www.apvgn.pt, extraído em jun/03.

BNDES, 1999, *Informe Infra-Estrutura*.

BP (2003), *BP Statistical Review of World Energy*, junho.

Conpet (2003) *Gás Natural: Informações Técnicas*, www.conpet.gov.br

COSTA, H. H. L. M. DA (2003) *A Regulação da Indústria do Gás Natural no Brasil: Fatos e Desafios*. Dissertação de Mestrado. RJ: PPE/COPPE/UFRJ.

EIA (2002), *International Energy Outlook 2002*, Março.

EIA (2003) *Country Briefs*, www.eia.doe.gov/cabs

EIA (2003), www.eia.doe.gov/oil_gas/natural_gas/info_glance/prices.html

Gasnet (2003) GNL Descrição do Sistema, www.gasnet.com.br, extraído em jun/03

Gasnet (2003), Distribuição e Produção, Perfil das Distribuidoras, www.gasnet.com.br.

Gazeta Mercantil (2002) Balanço Setorial, Junho.

MATTOS, L. B. R. de (2001) *A Importância do Setor de Transportes na Emissão dos Gases do Efeito Estufa: O Caso do Município do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. RJ: PPE/COPPE/UFRJ.

International Association for Natural Gas Vehicles (2003), Latest International NGV Statistics, www.iangv.org

Ministério de Minas e Energia (2001), Portaria Interministerial MME/MF nº 176/2001

Ministério do Planejamento (2003),
http://www.planejamento.gov.br/arquivos_down/noticias/gasin/GASIN_mapa.pdf,
extraído em jun/03.

Petrobras (2001), Relatório Anual 2001.

Petrobras (2003) Plano Estratégico 2003-2007, www.petrobras.com.br

REDEGÁSENERGIA (2002) Tecnologia para Desenvolvimento do Mercado de Gás Natural.

REVISTA BRASIL ENERGIA, mar/01 – jun/03.

RIBEIRO, S. K. “Estudo das Vantagens Ambientais do GNV: O Caso do Rio de Janeiro”. RJ: Centro Clima/UFRJ, 2001.

SANTOS, S. M., et al. (2002) “Gás Natural Estratégias para uma Energia Nova no Brasil”, 1 ed. São Paulo, Annablume.