

# *Monografia de Graduação*

## **Avaliação Mercadológica do Gás Natural Comprimido**

**Rossana Bezerra de Azevedo Vasconcelos  
Seabra de Melo**

**Natal, 2007**

Relatório apresentado ao PDRH – 14 ANP do Departamento de Engenharia Química da UFRN, em cumprimento às exigências para obtenção da conclusão de Especialização em Petróleo e Gás Natural.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Orientador: Dr. Eduardo Lins de Barros Neto

**NATAL**

**2007**

## AGRADECIMENTOS

*Ao CTGÁS, pela compreensão da importância da formação de seus profissionais, concedendo flexibilidade no horário de trabalho durante quatro anos, de forma a permitir assistir as aulas do Curso de Engenharia Química e consegüente obtenção do tão sonhado título de Engenheira.*

*Tenho também a agradecer:*

- *A minha família pelo apoio dado em todos os momentos;*
- *Ao Prof. Eduardo pela paciência, incentivo e ensinamentos transmitidos, desde o início do curso;*
- *Aos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho,*
- *A Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis-ANP, que através da comissão gestora PRH14 contribuiu financeiramente para a realização deste trabalho.*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>2. O MERCADO DE GÁS NATURAL NO BRASIL .....</b>	<b>7</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	7
2.2 BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL .....	8
2.3 RESERVAS DE GÁS NATURAL E VIDA ÚTIL DAS RESERVAS .....	10
2.4 PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL POR ESTADO.....	11
2.5 IMPORTAÇÃO DE GÁS NATURAL.....	13
2.6 UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL.....	14
2.7 DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL .....	14
2.8 PERSPECTIVAS PARA O GÁS NATURAL.....	20
<b>3. TECNOLOGIAS APLICADAS AO GÁS NATURAL COMPRIMIDO .....</b>	<b>23</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	23
3.2 TECNOLOGIAS DE COMPRESSÃO E CARREGAMENTO .....	24
3.3 TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO.....	28
3.4 TECNOLOGIAS DE DESCARREGAMENTO DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO.....	31
3.5 PRINCIPAIS FORNECEDORES.....	32
3.5.1 <i>Neogas</i> .....	32
3.5.2 <i>Galileo</i> .....	35
3.5.3 <i>FIBA Technologies</i> .....	38
3.5.4 <i>White Martins</i> .....	39
3.6 GARGALOS TECNOLÓGICOS .....	40
3.7 RISCOS E TENDÊNCIAS.....	41
<b>4. ASPECTOS OPERACIONAIS, LOGÍSTICOS E DE SEGURANÇA INDUSTRIAL .....</b>	<b>42</b>
4.1 GESTÃO, NORMAS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS .....	42
4.2 ASPECTOS DE SEGURANÇA INDUSTRIAL, MEIO AMBIENTE E SAÚDE OCUPACIONAL.....	43
4.3 INSPEÇÃO .....	45
4.4 MANUTENÇÃO.....	45
4.5 LOGÍSTICA.....	46
4.6 COMPETÊNCIAS .....	46
4.7 CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL.....	47
<b>5. ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO NEGÓCIO .....</b>	<b>47</b>
5.1 PREMISSAS BÁSICAS .....	47
5.2 INVESTIMENTOS .....	49
5.3 RECEITAS OPERACIONAIS .....	50
5.4 CUSTOS OPERACIONAIS .....	50
5.5 RESULTADOS E PRINCIPAIS INDICADORES: VPL E TIR .....	50
5.6 RISCOS E INCERTEZAS.....	51
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REGULAÇÃO DO GÁS NATURAL CANALIZADO.....	8
FIGURA 2 – OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL – 2006 .....	10
FIGURA 3 – RESERVAS PROVADAS DE GÁS NATURAL – 1965-2005.....	11
FIGURA 4 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL NO BRASIL.....	13
FIGURA 5 – IMPORTAÇÃO DE GÁS NATURAL.....	14
FIGURA 6 – DISTRIBUIDORAS NO BRASIL .....	15
FIGURA 7– REDE DE GASODUTOS EM OPERAÇÃO E EM IMPLANTAÇÃO .....	17
FIGURA 8 – NOVA REGULAMENTAÇÃO DA ATIVIDADE DE DISTRIBUIÇÃO .....	17
FIGURA 9 – VENDAS DE GÁS PARA FINS DE GNC.....	20
FIGURA 10– COMPARATIVO CONCEITUAL ENTRE, GNC, GASODUTO E GNL.....	23
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE ARMAZENAMENTO DOS CILINDROS.....	30
FIGURA 12 – SISTEMA HIDRÁULICO NEOGAS DE TRANSFERÊNCIA DE GNC .....	33
FIGURA 13 – ESQUEMA DO PROCESSO NEOGAS .....	33
FIGURA 14 – CARRETA NEOGAS COM CAPACIDADE DE 5000M <sup>3</sup> UTILIZANDO A TECNOLOGIA HYDROGAS.....	34
FIGURA 15 – CARRETA CONVENCIONAL DA NEOGAS COM CAPACIDADE DE 7280M <sup>3</sup> .....	35
FIGURA 16 – COMPRESSOR MICROBOX .....	36
FIGURA 17 – AGÊNCIAS REGULADORAS ESTADUAIS.....	48

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – OFERTA INTERNA DE ENERGIA: DADOS PRELIMINARES.....	9
TABELA 2 – ESTRUTURA DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA .....	9
TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DAS RESERVAS DE GÁS NATURAL POR ESTADO.....	11
TABELA 4 – PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL NO BRASIL POR ESTADO .....	12
TABELA 5 – VENDAS DE GÁS NATURAL POR DISTRIBUIDORA.....	16
TABELA 6 – VENDAS DE GÁS NATURAL POR SEGMENTO .....	16
TABELA 7 – CLIENTES DE GNC POR DISTRIBUIDORA .....	18
TABELA 8 – EMPRESAS CREDENCIADAS PARA DISTRIBUIÇÃO DE GNC.....	19
TABELA 9 – EMPRESAS CREDENCIADAS PARA CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DO GNC.....	19
TABELA 10 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COMBUSTÍVEIS.....	22
TABELA 11 – ALGUNS FABRICANTES DE COMPRESSORES .....	25
TABELA 12 – COMPARAÇÃO DE CUSTOS, PESOS E VIDA ÚTIL DOS CILINDROS.....	30
TABELA 13 – ALGUNS FABRICANTES, CONTATOS E TIPOS DE CILINDROS.....	31
TABELA 14 – PREMISSAS BÁSICAS ADOTADAS PARA A ANÁLISE ECONÔMICA DO MERCADO DE GNC.....	48
TABELA 15 – PREMISSAS BÁSICAS ADOTADAS PARA A ANÁLISE ECONÔMICA DO MERCADO .....	49

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A expansão da indústria do gás natural tem propiciado o desenvolvimento tecnológico de novos métodos e técnicas de abordagens para aplicação em toda a cadeia produtiva deste energético. Particularmente, a técnica de transporte do gás através do sistema conhecido como gás natural comprimido (GNC) vem se desenvolvendo principalmente para atender mercados onde a malha de distribuição ainda não está implantada.

O propósito deste trabalho é desenvolver uma avaliação mercadológica do negócio de distribuição do GNC, onde estão contemplados: o marco regulatório, os agentes de mercado e suas influências, as tecnologias envolvidas, os aspectos operacionais e logísticos e os riscos do negócio. O objetivo básico é subsidiar a tomada de decisão relativa ao posicionamento empresarial sobre o negócio GNC. São analisadas questões do tipo: como o negócio GNC está estruturado; como o produto GNC interage com outros energéticos, principalmente, óleo diesel, gasolina, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), álcool e óleo combustível leve. São mostradas também quais são as tendências tecnológicas, os indicadores econômicos e as principais técnicas operacionais e de segurança aplicadas a este mercado.

Para Oliveira (2004), um modelo completo de análise e avaliação de negócios apresenta oito componentes essenciais, sendo cinco de avaliação estratégica e três de análise operacional. No nível estratégico, são analisados os seguintes componentes: mercado, tecnologia, *goodwill*, vantagem competitiva e estratégias. Já no nível operacional, são aprofundadas as questões sobre modelo de gestão, logística e indicadores econômico-financeiros. Estas observações são detalhadas sob influência de determinados condicionantes, quais sejam: fatores não controláveis, sinergia, negociação e capacitação. Para o presente estudo, foram selecionados os componentes – mercado e tecnologia – no nível estratégico; e os três componentes do nível operacional – gestão, logística e análise econômico-financeira.

O mercado de gás natural é detalhado com o objetivo de se levantar a sua participação na matriz energética brasileira e mostrar as tendências para o futuro. São mostradas as reservas, a produção de gás natural e as perspectivas de crescimento sustentável deste energético. É realizada uma análise das importações e das suas diversas utilizações práticas. São informadas as vendas de gás natural por distribuidora e por estado, inclusive detalhando as aplicações industriais, residenciais, na geração, no comércio e no segmento veicular. O mercado atual de GNC é também mostrado e comentado, principalmente com foco nos fornecedores, na concorrência e nos energéticos substitutos. As perspectivas de crescimento deste mercado no Brasil são consistentes com a meta relativa ao incremento da participação do gás natural na matriz energética.

As tecnologias envolvidas com a cadeia de distribuição do GNC são explicitadas e analisadas. Neste contexto, se inserem as tecnologias relativas à compressão, ao carregamento; ao transporte e ao descarregamento. São mostrados os fornecedores, os gargalos tecnológicos e os riscos envolvidos com a adoção de cada opção tecnológica.

Uma análise operacional é detalhada, principalmente, sobre os principais aspectos logísticos e de segurança industrial que devem ser observados para

uma gestão efetiva de uma unidade operacional de GNC. Cuidados com a manutenção, rigor nas inspeções e uma avaliação das capacitações envolvidas são pontos importantes a serem observados por uma futura operadora de GNC.

Em seguida, são realizadas algumas simulações econômico-financeiras sobre o emprego da tecnologia de GNC em condições próximas da realidade, sob determinadas premissas. São investigados os investimentos necessários e calculadas as receitas operacionais e custos operacionais. Como indicadores principais para uma possível tomada de decisão, foram calculados os seguintes: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno (TR) ou *Payback*.

Por fim, são resumidas as principais conclusões e recomendações provenientes desta avaliação, com ênfase nos aspectos tecnológicos, operacionais e econômico-financeiros.

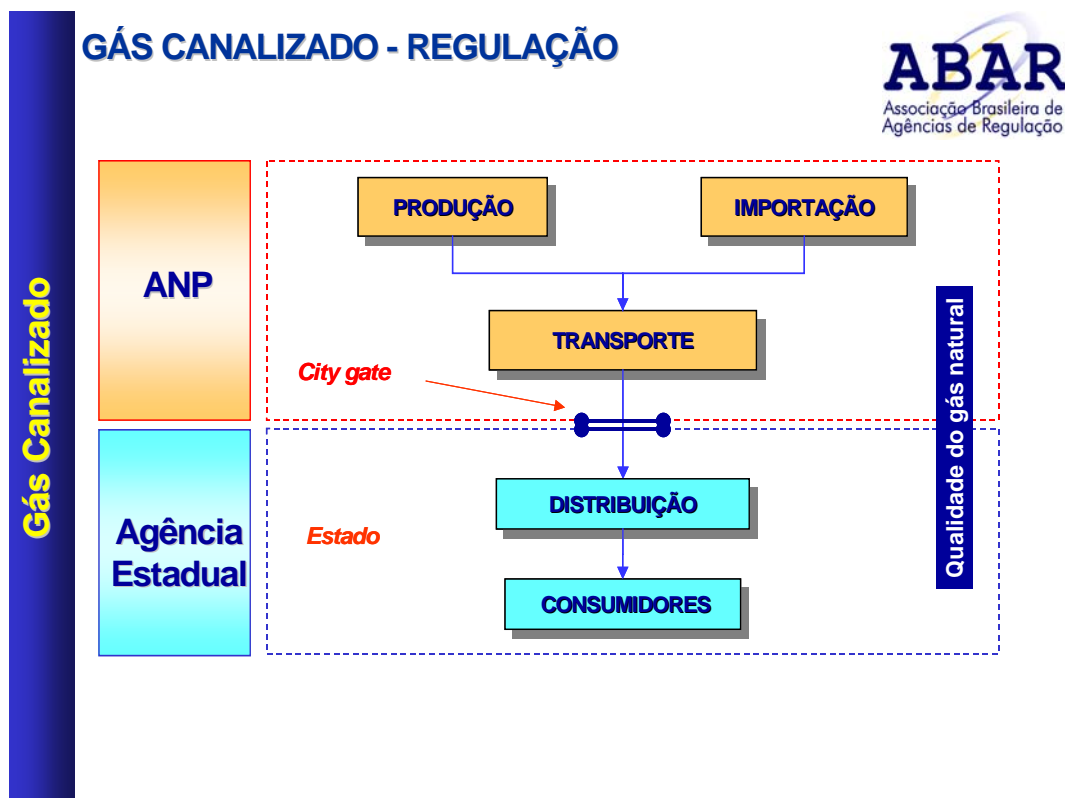
## **2. O MERCADO DE GÁS NATURAL NO BRASIL**

### **2.1 Introdução**

Nos últimos anos, o mercado de gás natural no Brasil tem se desenvolvido de acordo com as estratégias estabelecidas para o setor. O objetivo fundamental é atingir a meta de 12% de participação na matriz energética até o ano de 2010. Para que esta meta seja exequível, são necessários investimentos maciços na cadeia integrada desde a exploração, passando pelo desenvolvimento da produção, transporte e distribuição do gás natural, a fim de ampliar a oferta deste importante energético ao mercado consumidor. Em 2003, a participação do gás na matriz energética no mundo era de 21%, enquanto que no Brasil era de aproximadamente 8%, o que mostra o grande potencial de seu desenvolvimento no país. O funcionamento de toda cadeia produtiva do gás natural é sistematizado pelas Agências Reguladoras, no âmbito federal – através da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e na esfera estadual – através das Agências Reguladoras Estaduais, conforme mostra a Figura 2.1.

O desenvolvimento de novas tecnologias torna-se imperativo para desenvolver e ampliar o mercado do gás natural. Desta forma, novas técnicas e métodos de transporte de gás natural têm surgido no sentido de viabilizar a crescente demanda deste energético. Neste contexto, se insere a tecnologia do gás natural comprimido, ou simplesmente, GNC.

Figura 1 - Regulação do gás natural canalizado



A cadeia do gás natural é dividida em três níveis de atividades: exploração, desenvolvimento e produção (*upstream*); processamento e transporte (*midstream*) e distribuição (*downstream*). No Brasil, a Petrobras é a empresa que domina o primeiro segmento. A Transpetro opera os principais gasodutos, cujo objetivo é transportar o gás natural para as distribuidoras de cada estado. Por fim, as distribuidoras estaduais de gás canalizado se encarregam de entregá-lo aos consumidores finais.

Para expansão da malha de gasodutos são necessários altos custos de investimentos. Este fato atrelado a uma demanda crescente viabiliza uma alternativa para distribuição do gás natural, conhecida como “Gasoduto Móvel”. Uma das técnicas chama-se Gás Natural Comprimido, regulamentada pela portaria da ANP 243/2000, que consiste basicamente de uma estação de abastecimento de carretas especiais, que transportam gás para um local onde ainda não exista uma malha de distribuição implantada. O raio de ação desta tecnologia normalmente se situa na faixa de 30 a 150 km, dependendo dos custos operacionais incorridos, dos investimentos necessários, do energético substituído e do preço de venda do gás natural comprimido.

## 2.2 Balanço Energético Nacional

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a Matriz Energética Brasileira apresentou o quadro de oferta interna de energia durante os anos de 2004 e 2005, de acordo com a Tabela 2.1, onde é mostrado que a Oferta Interna de Energia atingiu o montante de 218 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), com um crescimento em relação a 2004 equivalente a 2,47%.



Tabela 1 – Oferta Interna de Energia: Dados preliminares

OFERTA INTERNA DE ENERGIA - OIE			
			milhões de tep
FONTES	2004	2005	2006
Não Renovável	119,77	121,30	124,40
Petróleo	83,39	84,60	85,50
<b>Gás Natural</b>	<b>18,98</b>	<b>20,50</b>	<b>21,60</b>
Carvão Mineral	14,23	13,70	13,60
Urânio (U308)	3,17	2,50	3,70
Renovável	93,61	97,30	101,70
Energia Hidráulica	30,80	32,40	33,60
Lenha	28,19	28,50	28,60
Produtos da Cana-de-Açúcar	28,76	30,10	32,80
Outras Renováveis	5,86	6,30	6,70
<b>TOTAL</b>	<b>213,38</b>	<b>218,60</b>	<b>226,10</b>

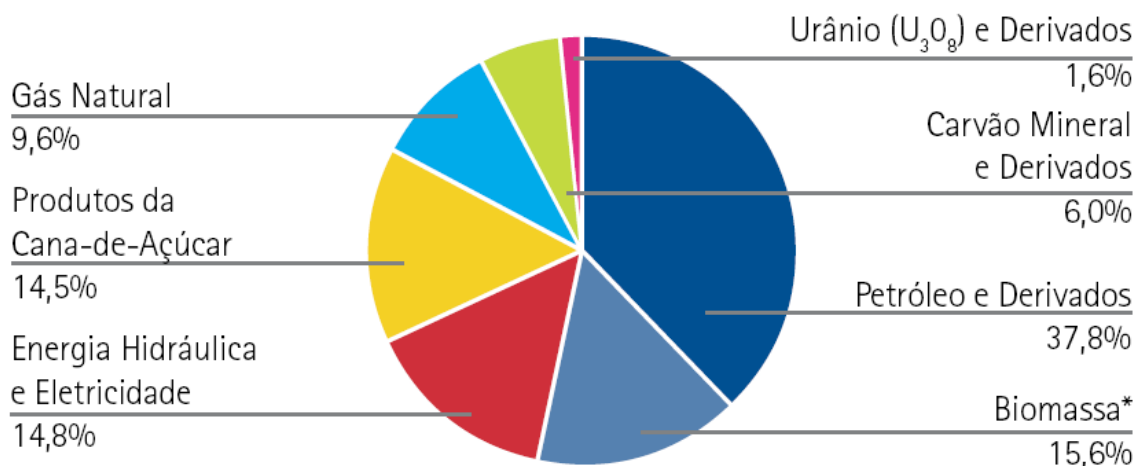
Fonte: BEM/2006 e 2007- MME com adaptações

Observa-se que de 2004 para 2005, a oferta interna de gás natural cresceu a uma taxa de 8% enquanto que de 2005 para 2006 esse crescimento foi de 5,4%. A participação do gás natural na matriz energética cresceu de 3,7% em 1998 para os atuais 9,6%.

Tabela 2 – Estrutura da Oferta Interna de Energia

ESTRUTURA % DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA			
FONTES	2004	2005	2006
Não Renovável	56,1	55,5	55,0
Petróleo	39,1	38,7	37,8
<b>Gás Natural</b>	<b>8,9</b>	<b>9,4</b>	<b>9,6</b>
Carvão Mineral	6,7	6,3	6,0
Urânio (U308)	1,5	1,2	1,6
Renovável	43,9	44,5	45,0
Energia Hidráulica	14,4	14,8	14,8
Lenha	13,2	13,0	12,7
Produtos da Cana-de-Açúcar	13,5	13,8	14,5
Outras Renováveis	2,7	2,9	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: BEM/2006 e 2007- MME com adaptações

**Figura 2 – Oferta Interna de Energia no Brasil – 2006**

\* Inclui lenha, carvão vegetal e outras renováveis.

**Fonte: BEM/2007- MME**

Nota-se uma presença significativa do gás natural na matriz energética brasileira, com crescimento sólido na última década e boas perspectivas para continuar este crescimento nos próximos anos. Historicamente, a evolução da participação do gás natural tem apresentado uma evolução consistente. No ano de 2000 era de 5,4%, em 2002 passou para 7,4%, já em 2004 alcançou 8,9% e agora em 2006 atingiu 9,6%. Os principais propulsores desta maior participação do gás natural recaem sobre a substituição do óleo combustível e do gás liquefeito de petróleo (GLP) nas indústrias e da gasolina no transporte em geral.

Como dito anteriormente, a meta é alcançar 12% de participação até o ano de 2010. Por conseguinte, esforços adicionais para investimentos em toda a cadeia do gás natural serão necessários para viabilizar esta meta. Da oferta total de energia elétrica no Brasil, no valor de 461,2 TWh em 2006, o gás natural participou com 18,2 TWh, equivalentes a 4 %.

### 2.3 Reservas de gás natural e vida útil das reservas

As reservas provadas de gás natural do Brasil cresceram a uma taxa média de 7,4% a.a, no período de 1964 a 2005, conforme Boletim da Agência Nacional de Petróleo. Atualmente, as reservas provadas de gás natural totalizam 306,4 bilhões m<sup>3</sup>, sendo que 23,4% estão em terra e 76,6% no mar. Para efeito comparativo, as reservas da Bolívia e da Venezuela totalizam 1,38 e 4,28 trilhões de m<sup>3</sup> respectivamente. Recentemente, as principais descobertas ocorreram nas Bacias de Campos, de Santos e do Solimões. Grande parte destas reservas é classificada como gás associado à produção de petróleo. Há expectativa de que novas reservas de gás natural não associado sejam descobertas, como ocorreu recentemente nas Bacias de Santos e do Espírito Santo. Só a Bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro, detém 42,2% de todas as reservas deste energético no Brasil. Por estado da federação, as reservas se comportam de acordo com a Tabela 2.3. A vida útil das reservas para um nível de produção atual é de aproximadamente 18 anos.

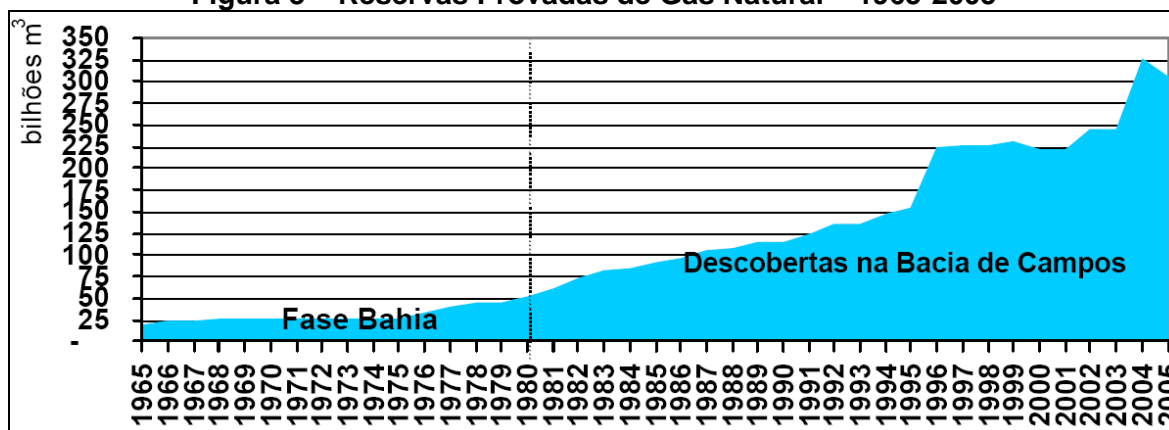
Tabela 3 – Distribuição das Reservas de Gás Natural por Estado

Estado da Federação	Reservas de gás
<b>Sudeste</b>	<b>67,4%</b>
Rio de Janeiro	47,4%
São Paulo	9,4%
Espírito Santo	10,6%
<b>Norte</b>	<b>16,8%</b>
Amazonas	16,8%
<b>Nordeste</b>	<b>15,8%</b>
Rio Grande do Norte	5,8%
Sergipe	1,1%
Alagoas	1,5%
Bahia	7,1%
Ceará	0,3%

Fonte: ANP

A evolução das reservas provadas de gás natural no Brasil se comportou ao longo das últimas quatro décadas, conforme o Gráfico abaixo discriminado.

Figura 3 – Reservas Provadas de Gás Natural – 1965-2005



Fonte: ANP/SDP; MME (Tabela 1.1)

## 2.4 Produção de gás natural por estado

O histórico recente da produção de gás natural no Brasil apresenta um desempenho de acordo com a Tabela 2.4, cujos valores estão mostrados em mil m<sup>3</sup>/dia. A produção média nos últimos doze meses é de 48,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Os estados com maior participação nesta produção são: Rio de Janeiro com mais de 22,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia; Amazonas com 9,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia e Bahia com 5,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Com relação ao crescimento da produção de gás natural de 2005 em relação a 2004, houve uma evolução de 4,3%.

Tabela 4 – Produção de Gás Natural no Brasil por Estado

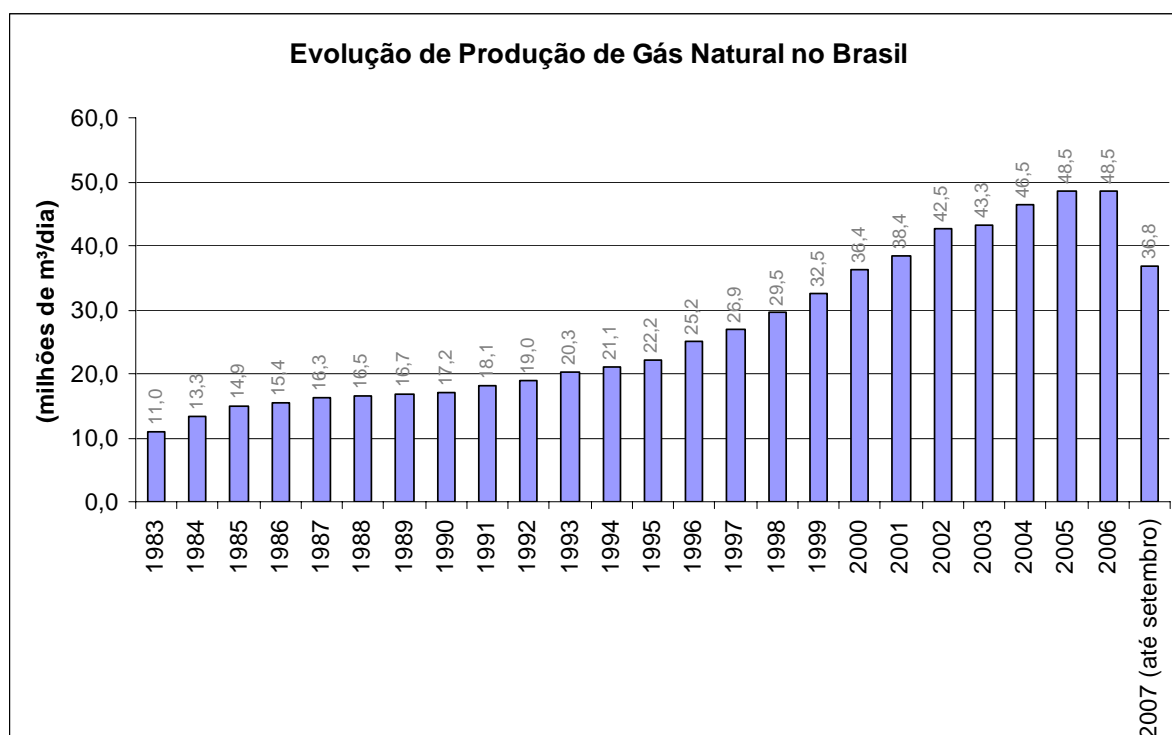
PRODUÇÃO DE GAS NATUAL NO BRASIL - 2007(mil m³/dia)					
		2007			Média 12 meses
		Jul	Ago	Set	
TERRA	Amazonas	300.077	306.170	291.127	290.981,5
	Ceará	54	51	52	49,8
	Rio Grande do Norte	29.017	29.941	29.460	24.786,4
	Alagoas	64.679	67.844	62.929	65.953,0
	Sergipe	7.974,0	7.481,1	7.396,8	7.559,4
	Bahia	122.069	121.261	113.593	130.182,4
	Espírito Santo	7.533	6.929	6.679	7.224,8
	<b>Sub-Total em Terra</b>	<b>531.403,3</b>	<b>539.677,0</b>	<b>511.236,8</b>	<b>526.737,3</b>
MAR	Ceará	6.163	6.035	5.936	6.794,4
	Rio Grande do Norte	65.670	62.746	60.254	65.815,9
	Alagoas	10.950	11.510	11.624	12.041,9
	Sergipe	36.488	37.963	38.525	35.583,8
	Bahia	107.984	112.480	113.860	61.431,4
	Espírito Santo	82.995	72.633	65.535	74.477,5
	Rio de Janeiro	688.676	670.179	641.129	675.903,5
	São Paulo	28.810	28.451	22.108	27.730,3
	Paraná	2.627	2.771	1.948	2.894,5
	<b>Sub-Total em Mar</b>	<b>1.030.363,5</b>	<b>1.004.768,0</b>	<b>960.919,0</b>	<b>998.683,5</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>1.561.766,7</b>	<b>1.544.444,9</b>	<b>1.472.155,8</b>	<b>1.525.420,8</b>

Fonte: Brasil Energia – Agosto 2007

A produção de gás natural no Brasil apresenta uma evolução constante ao longo das últimas décadas. A produção média em 1984 era de 13,4 milhões de m³/dia, basicamente de gás associado. Em 1994, alcançava a marca de 21,1 milhões de m³/dia, já com parte expressiva de produção de gás não associado, ou seja, mais de 20%. No ano de 2004 a produção média totalizava 45,8 milhões de m³/dia, com quase 11 milhões de m³/dia de gás não associado.

De acordo com a Agência Nacional de Petróleo, no período 1954-2005, a produção de gás natural cresceu 11,7% a.a., em média, tendo ocorrido um grande salto na década de 1980, principalmente em decorrência do início de operação das jazidas da Bacia de Campos. Em 2005, 58,3% da produção se concentravam nos campos marítimos, situação bastante diferente da que ocorria até 1972, quando a produção era proveniente basicamente de campos terrestres, especialmente no Estado da Bahia. A taxa de crescimento da produção nacional na última década foi de 7,5% ao ano, de acordo com a Petrobras, conforme mostra a Figura 2.4 sobre a evolução da produção de gás natural no Brasil.

Figura 4 – Evolução da produção de gás natural no Brasil



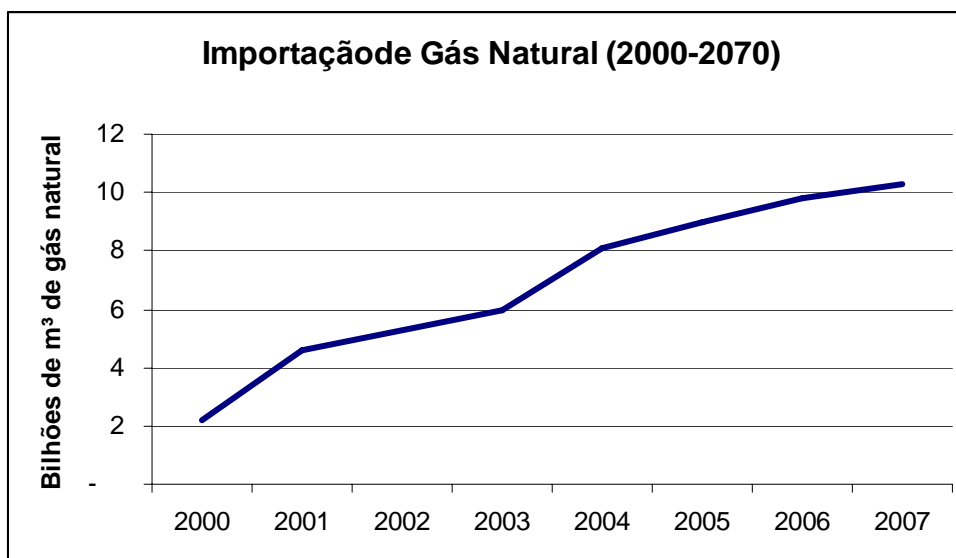
## 2.5 Importação de Gás Natural

A importação de gás natural teve início em julho de 1999, através da aquisição de gás boliviano pela Petrobras, escoado através do Gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL). O volume importado pela empresa atingiu 25,0 milhões m<sup>3</sup>/d em março de 2006. Por outro lado, a Sulgás iniciou a importação de gás natural em junho de 2000, adquirindo gás da Argentina. Em março de 2006, a Sulgás importou 2,3 milhões m<sup>3</sup>/d de gás natural.

Duas novas empresas importadoras de gás passaram a operar em 2001: EPE – Empresa Produtora de Energia Ltda. e BG Comércio e Importação Ltda. Em agosto deste ano a EPE iniciou a importação de gás boliviano destinado à Usina Termelétrica (UTE) de Cuiabá, sendo este gás escoado pelo gasoduto Lateral Cuiabá. Em março de 2006, a EPE importou 0,4 milhões de m<sup>3</sup>/d de gás natural. Já em setembro de 2001, a BG Comércio e Importação Ltda. iniciou a importação de gás natural boliviano, escoado pelo GASBOL e destinado à entrega a COMGÁS. No mês de março de 2006, a BG importou 0,7 milhão m<sup>3</sup>/d de gás natural.

Em setembro de 2007, a importação total de gás natural foi de 915 milhões m<sup>3</sup>/mês, com um dispêndio de importação de aproximadamente US\$ 162.060.084 milhões no mês.

Figura 5 – Importação de Gás Natural



Fonte: ANP com adaptações

## 2.6 Utilização do gás natural

Do volume do gás natural produzido, parte não é disponibilizada para venda. Antes da venda propriamente dita, ocorrem as seguintes utilizações:

- Consumo próprio ou interno - parcela da produção utilizada para suprir as necessidades das instalações de produção;
- Queima e perdas - parcela extraída do reservatório que foi queimada ou perdida ainda na atividade de produção;
- Injeção - parcela do gás natural produzido que é injetada de volta nos reservatórios para armazenamento ou recuperação suplementar;
- Liquefeito - parcela de hidrocarbonetos mais pesados (etano, propano, butano e gasolina natural) extraída do gás natural nas plantas de processamento para a produção do GLP e outros produtos.

Em setembro de 2007, o consumo próprio nas áreas de produção foi de 7,2 milhões de m<sup>3</sup>/dia, a queima e a perda de gás natural alcançou 4,1 milhões de m<sup>3</sup>/dia e em relação ao gás injetado, o volume foi de 7,9 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Iste valores equivalem a 43,3% da produção total.

## 2.7 Distribuição de gás natural

As vendas de gás natural das distribuidoras brasileiras totalizaram uma média nos últimos doze meses de aproximadamente 42 milhões de m<sup>3</sup>/dia, com um crescimento nas vendas de quase 13% ao ano, conforme detalha a Tabela 2.5. Em junho de 2006, o volume das vendas alcançou quase 40 milhões de m<sup>3</sup>/dia. As principais distribuidoras de gás natural, mostradas na Figura 2.6, que se destacam pelas vendas de gás natural são as seguintes: COMGÁS (SP) com 13,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia; CEG e CEG/Rio com 9,1 milhões de m<sup>3</sup>/dia, Bahiagás com 3,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia e Gasmig com 2,3 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Atualmente, o

conjunto das distribuidoras opera com mais de 1,26 milhão de clientes, sendo 2473 industriais, 1273 postos de abastecimento de GNV, 20.472 no segmento comercial, 19 na geração de eletricidade, 32 clientes de cogeração, 14 clientes de GNC, 1,23 milhão de clientes residenciais e 4 cliente enquadrados em outras aplicações.

**Figura 6 – Distribuidoras no Brasil**



Fonte: Abegás

O negócio de distribuição de gás natural comprimido a granel é composto das seguintes atividades principais: *aquisição, recebimento, compressão, armazenamento, distribuição, comercialização e controle de qualidade do Gás Natural Comprimido (GNC)*. Esse negócio se apresenta como uma alternativa viável para estimular o desenvolvimento de novos mercados e proporciona o atendimento de regiões ainda desprovidas de infra-estrutura de gasodutos ou redes de distribuição de gás natural canalizado. Atualmente, a rede de gasodutos em operação e em implantação, que transporta o gás natural para as Distribuidoras, está mostrada na Figura 2.5.

Por segmento de negócio, as principais aplicações do gás natural são: industrial; comercial; residencial; automotivo; geração e cogeração elétrica. O setor industrial continua sendo o maior consumidor de gás natural com 24,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia, seguido da geração/ cogeração de energia com 7,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia e do segmento automotivo, com uma participação expressiva de seis milhões de m<sup>3</sup>/dia.

Tabela 5 – Vendas de gás natural por distribuidora

Vendas de Gás das distribuidoras										(em mil m <sup>3</sup> /dia)	
UF	Empresas	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Média 12 meses	set/07 ago/07	set/07 set/06	
CE	Cegás	437,44	621,46	453,85	464,43	473,22	573,69	503,99	21,23	21,19%	
RN	Potigás	397,01	407,98	416,57	439,36	427,46	419,96	385,17	(1,75)	6,91%	
PB	PBGás	338,00	347,00	359,00	ND	384,00	380,00	349,08	(1,04)	17,28%	
PE	Copergás	1.022,63	1.042,27	1.008,96	ND	1.052,42	1.020,32	1.027,93	(3,05)	-30,25%	
AL	Algás	455,20	538,12	498,53	501,95	501,68	475,42	494,71	(5,23)	-3,94%	
SE	Sergás	266,59	272,26	318,33	305,52	311,59	291,65	288,28	(6,40)	0,15%	
BA	Bahigás	3.235,91	3.355,87	3.397,15	3.326,84	3.404,22	3.404,22	3.348,36	3.311,02	-1,64%	
PI	Gaspisa	2,12	2,24	2,27	2,31	2,35	2,41	13,52	2,55	-96,55%	
MG	Gasmig	1.551,12	1.676,70	1.593,75	1.569,05	1.611,29	1.604,44	1.633,81	(0,43)	-31,20%	
MS	MS Gás	52,14	719,62	797,41	ND	50,03	634,95	393,70	1.169,14	-49,10%	
MT	Mtgás	936,51	1.081,22	743,49	ND	838,98	15,60	705,17	(98,14)	-87,90%	
ES	Petrobras Dis	1.117,00	1.152,00	1.126,00	1.173,00	1.198,00	1.098,00	1.148,83	(8,35)	-0,90%	
RJ	CEG	5.722,90	5.251,40	5.479,70	6.558,00	5.878,50	6.697,10	5.858,85	13,93	21,85%	
RJ	CEG Rio	4.475,80	3.009,30	2.995,60	2.396,10	4.434,80	5.651,70	4.186,47	27,44	13,34%	
SP	GasNatural	1.194,70	1.244,50	1.325,90	1.335,20	1.329,60	1.377,60	1.237,06	3,61	19,49%	
SP	Comgás	13.222,00	14.021,00	14.111,00	14.218,00	14.320,00	14.055,00	13.589,92	(1,85)	2,63%	
SP	G. Brasileiro	238,33	283,88	386,56	570,21	567,51	570,74	416,50	0,57	13,42%	
PR	Compagas	797,25	855,48	912,40	931,00	2.167,76	2.690,62	1.256,75	24,12	8,95%	
SC	SCGás	1.460,88	1.568,37	1.568,96	1.602,23	1.618,60	1.573,52	1.505,48	(2,79)	4,27%	
RS	Sulgás	1.746,46	1.447,39	1.447,39	1.479,24	1.451,04	1.391,87	2.170,84	(4,08)	-48,46%	
<b>Total</b>		<b>38.669,99</b>	<b>38.898,06</b>	<b>38.942,82</b>	<b>36.872,44</b>	<b>42.023,05</b>	<b>43.872,95</b>	<b>40.477,08</b>	<b>4,40</b>	<b>9,66%</b>	

Fonte: GASNET

Tabela 6 – Vendas de Gás Natural por Segmento

Vendas de Gás das distribuidoras por segmento em setembro de 2007										em mil m <sup>3</sup> / dia	
UF	Empresas	TOTAL	Industrial	Automotivo	Residencial	Comercial	Cogeração	Geração Elétrica	Outros (inclui GNC)		
CE	Cegás	573,69	214,76	219,95	0,27	1,26	27,89	109,56	0,00		
RN	Potigás	419,96	209,31	208,11	0,01	2,53	0,00	0,00	0,00		
PB	PBGás	380,00	257,00	121,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00		
PE	Copergás	1.020,32	767,29	215,19	0,34	4,60	32,90	0,00	0,00		
AL	Algás	475,42	341,99	118,48	4,37	5,56	5,02	0,00	0,00		
SE	Sergás	291,65	148,14	125,54	1,04	1,62	7,00	0,00	8,31		
BA	Bahigás	3.348,36	2.556,00	308,00	1,08	22,00	461,00	0,28	0,00		
PI	Gaspisa	2,41	0,00	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
MG	Gasmig	1.604,44	1.270,53	235,97	0,00	24,38	0,00	73,56	0,00		
MS	MS Gás	634,95	9,93	31,81	0,21	1,50	0,00	591,49	0,00		
MT	MTGás	15,60	3,80	11,62	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00		
ES	Petrobras Dist	1.098,00	943,00	140,00	2,00	4,00	0,00	0,00	9,00		
RJ	CEG	6.697,10	1.952,30	2.503,90	337,10	206,60	225,40	1.471,80	0,00		
RJ	CEG Rio	5.651,70	1.890,30	475,00	7,00	4,40	0,20	3.274,80	0,00		
SP	GasNatural	1.377,60	1.267,50	85,90	13,40	10,80	0,00	0,00	0,00		
SP	Gas Brasileiro	570,74	504,68	30,42	1,34	1,56	0,00	0,00	32,70		
SP	Comgás	14.055,00	11.110,00	1.656,00	380,00	280,00	578,00	10,00	41,00		
PR	Compagas	2.690,62	450,00	93,02	2,57	7,73	200,08	1.810,00	127,20		
SC	SCGás	1.573,52	1.201,97	362,82	0,09	8,64	ND	ND	ND		
RS	Sulgás	1.391,87	894,70	220,90	0,17	12,50	258,00	5,60	ND		
<b>Total</b>		<b>43.872,95</b>	<b>25.993,20</b>	<b>7.166,04</b>	<b>750,99</b>	<b>599,68</b>	<b>1.795,49</b>	<b>7.347,27</b>	<b>220,27</b>		

Fonte: GASNET



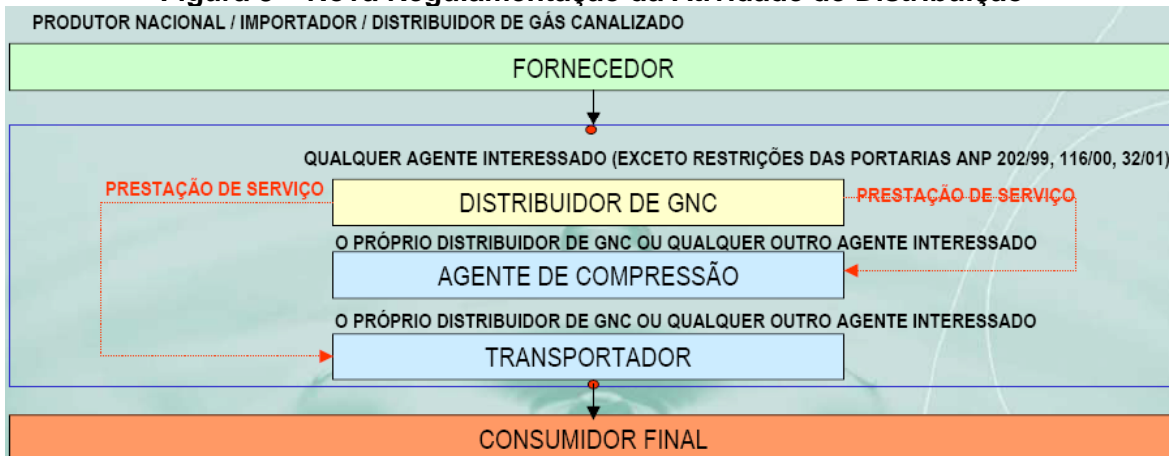
Figura 7– Rede de Gasodutos em operação e em implantação



Fonte: Petrobras

A portaria ANP 243/2000 regulamenta as atividades de distribuição e comercialização de GNC, bem como a construção e a operação de unidades de compressão e distribuição. A estruturação da atividade de distribuição de GNC é mostrada na Figura 2.8. Essa portaria está baseada nos seguintes princípios básicos: Proteger o consumidor e garantir o fornecimento de GNC com segurança e eficiência; garantir o comprometimento do agente econômico autorizado com o desenvolvimento do setor e garantir base tecnológica e a segurança operacional exigidas pela atividade mediante a entrada de agentes estruturados tanto técnica quanto economicamente.

Figura 8 – Nova Regulamentação da Atividade de Distribuição



Fonte: ANP

A tecnologia de GNC é vantajosa quando há deslocamento da utilização de outros combustíveis mais poluentes; redução da importação de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou redução do risco de mercado em projetos de ampliação de gasodutos.

Por segmento de mercado, as vendas se comportaram conforme a Tabela 2.6. Das vendas de gás natural das distribuidoras, o segmento GNC participa com aproximadamente 125 mil m<sup>3</sup>/dia. Neste segmento, constata-se uma participação expressiva das distribuidoras: Comgás (54 mil m<sup>3</sup>/dia) e da Gasmig (57,8 mil m<sup>3</sup>/dia). As demais distribuidoras que fornecem GNC são: a BR Distribuidora (4 mil m<sup>3</sup>/dia); a Sergás (1,9 mil m<sup>3</sup>/dia); a Gás Brasileiro (8,4 mil m<sup>3</sup>/dia) e Potigás (1,1 mil m<sup>3</sup>/dia). O número atual de clientes de GNC por distribuidora varia de um a cinco. A Gasmig fornece GNC para cinco clientes; a Comgás para 3; a Pbgás para 2 clientes; e a Sergás, BR/ES, a Potigás e a Gás Brasileiro para 1 cliente cada. Um resumo da distribuição dos clientes por distribuidora é mostrado no quadro a seguir.

**Tabela 7 – Clientes de GNC por distribuidora**

DISTRIBUIDORA	Nº	CLIENTES	SEGMENTO
PBGÁS	2	Rede Mastergás (BR-Distribuidora)	Veicular
		Posto Guarabira (BR-Distribuidora)	Veicular
GASMIG	5	White Martins	Industrial
		Neogás	Industrial
		Ale Gas	Industrial
		Alternativa	Industrial e Veicular
		Grupo Igás	Veicular
BR/ES	1	Solidez Engenharia (White Martins)	Industrial
POTIGÁS	1	Gasnatural (em implantação)	Industrial e Veicular
SERGÁS	1	GNC gás natural Carmopolis	Veicular
GASBRASILIANO	1	Igás	Industrial
COMGÁS	3	Cerâmica Atlas	Industrial
		Bauducco	Industrial
		Santher	Industrial

**Fonte: Dados obtidos através de entrevista com distribuidoras em agosto de 2006.**

Atualmente, as empresas autorizadas para o exercício da atividade de distribuição, construção e operação de gás natural comprimido (GNC) – de acordo com a Portaria nº 243/00 – no período 2000/2007 estão listadas nas Tabelas 2.8 e 2.9.

**Tabela 8 – Empresas credenciadas para distribuição de GNC**

EMPRESA	TIPO
Neogás dp Brasil Ltda	Distribuição de GNC
GNV Anel Ltda	Distribuição de GNC
CTG - Companhia de Transporte de Gás S.A.	Distribuição de GNC
GNC - Gás Natural Carmópolis Ltda	Distribuição de GNC
Alternativa Distribuidora de Gás Natural Comprimido Ltda	Distribuição de GNC
Ale Gás Ltda	Distribuição de GNC
CBL - Laminação Brasileira de Cobre Ltda	Distribuição de GNC
White Martins Gases Industriais Ltda	Distribuição de GNC
GNV/MT - Transportes de Gás Natural Ltda	Distribuição de GNC
Petrobras Distribuidora S.A.	Distribuição de GNC
Companhia Distribuidora de Gás Natural Ltda	Distribuição de GNC
Solidez Engenharia e Construções Ltda	Distribuição de GNC
GNV Aroeiras Ltda	Distribuição de GNC

Fonte: ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

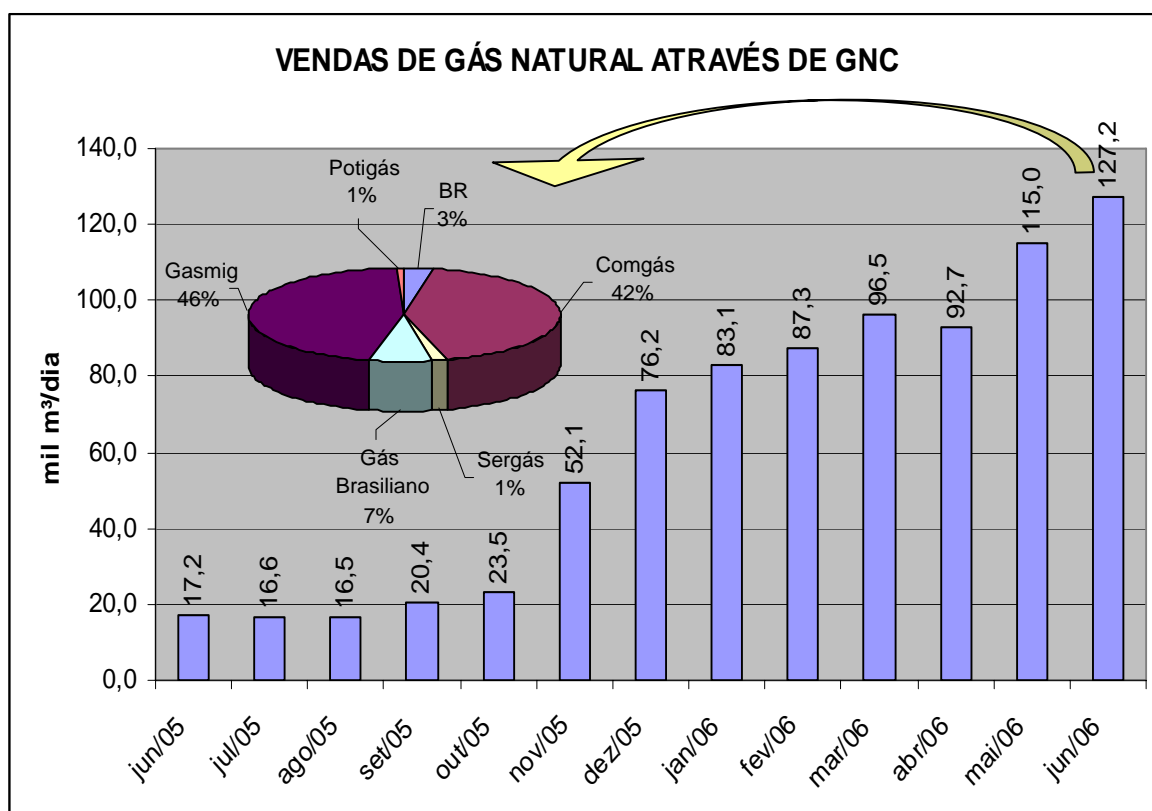
**Tabela 9 – Empresas credenciadas para construção e operação do GNC**

EMPRESA	SITUAÇÃO	LOCAL
Alternativa Distribuidora de Gás Natural Comprimido Ltda	Construção	Belo-Horizonte - MG
Ale Gás Ltda	Construção	Betim - MG
Alternativa Distribuidora de Gás Natural Comprimido Ltda	Operação	Belo-Horizonte - MG
CTG - Companhia de Transporte de Gás S.A.	Construção	Itatiba - SP
Natural Gás Distribuidora Ltda	Construção	Mossoró - RN
White Martins Gases Industriais Ltda	Construção	Contagem - MG
CBL - Laminação Brasileira de Cobre Ltda	Operação	Estiva Gerbi - SP
White Martins Gases Industriais Ltda	Operação	Contagem - MG
Ale Gás Ltda	Operação	Betim - MG
Neogás dp Brasil Ltda	Construção	Betim - MG
Solidez Engenharia e Construções Ltda	Operação	Voana - ES
CTG - Companhia de Transporte de Gás S.A.	Operação	Itatiba - SP

Fonte: ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

A Portaria ANP 243/2000 estabelece ainda os critérios para o exercício da atividade de GNC a granel: documentos necessários para obtenção de autorização, critérios para concessão da autorização, critérios para transferência de titularidade da distribuição, obrigações operacionais, pontos a serem observados na construção ou ampliação das unidades de compressão e distribuição de GNC, critérios para concessão de licença de operação e para cancelamento da atividade. As vendas de gás natural no Brasil para fins de Gás Natural Comprimido se comportou de acordo com a Figura 2.9, onde se percebe uma evolução significativa no consumo, com crescimento das vendas de mais quase 150% no último ano.

Figura 9 – Vendas de Gás para fins de GNC



Fonte: MME – Ministério de Minas e Energia

## 2.8 Perspectivas para o gás natural

Há um grande potencial de crescimento na demanda de gás natural no Brasil. Pesquisas indicam que existe uma demanda reprimida de curto prazo de quase 20 milhões de m<sup>3</sup>/dia no segmento industrial. Para o segmento comercial de mais de um milhão de m<sup>3</sup>/dia. Para o segmento automotivo, os números indicam um mercado adicional de quase dois milhões de m<sup>3</sup>/dia.

O mercado de gás natural deve crescer de forma expressiva no próximo quinquênio. A Petrobras projeta um mercado equivalente a 121 milhões de m<sup>3</sup>/dia para o ano de 2011, principalmente nos segmentos industrial, com 38,6 milhões de m<sup>3</sup>/dia, e termoelétrico, com 48,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia. A taxa de crescimento no período de 2007 a 2011 será de 17,7% ao ano. Novos investimentos estão sendo alocados para atendimento da demanda, principalmente nas Bacias de Campos (6 milhões de m<sup>3</sup>/dia), do Espírito Santo (16,7 milhões de m<sup>3</sup>/dia) e de Santos (1,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), com a entrada de dois novos campos no Espírito Santo, expansão da produção de Merluza e aumento do fornecimento de gás do campo de Marlim. A produção doméstica deve atingir aproximadamente 71 milhões de m<sup>3</sup>/dia até 2010. Neste horizonte, as importações da Bolívia se mantêm no patamar de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia. O complemento de 20 milhões de m<sup>3</sup>/dia será fornecido através da importação com o uso da tecnologia de GNL. A Petrobras prevê a aplicação de US\$ 7,5 bilhões no período 2007-2011 para garantir a consecução destes objetivos e ampliar a malha de gasodutos de transporte. Os principais projetos da carteira de investimentos da Petrobras para este período são:

- GNL – Gás Natural Liquefeito;
- Gasene – Perna norte;
- Gasoduto Urucu – Coari – Manaus;
- Manutenção da infra-estrutura de transporte de GN;
- Malha de Gasoduto do Sudeste;
- Ampliação do Gasbel;
- Ampliação do trecho sul do Gasbol (distribuição do GNL) e
- Malhas de gasodutos do Nordeste.

Com relação ao potencial de crescimento do mercado de gás natural, transportado através de gasodutos móveis, pesquisas recentes indicam que a probabilidade de uso do gás natural aumenta proporcionalmente com o número de empregados das empresas analisadas. As empresas com capital de origem estrangeira também têm maior probabilidade de adotar o gás natural nos seus processos produtivos. Por outro lado, as empresas que realizam algum tipo de controle no uso de combustíveis, ou que se preocupam com o uso eficiente dos seus equipamentos, apresentam maior propensão ao uso do gás natural.

O perfil das empresas pesquisadas se concentra em três importantes setores industriais: fabricação de produtos alimentícios e bebidas (35%); preparação de couros e fabricação de artefatos, artigos de viagens e calçados (21%) e fabricação de artigos de borracha e plástico (11%). Uma conclusão importante indica que 90% das empresas pesquisadas estão dispostas a adotar o gás natural como energético. Deste total, 45,6% podem substituir mais de 50% do seu consumo energético. As empresas de tamanho médio são as que estão mais propensas a substituir maior parcela do consumo atual de energia.

A tecnologia de gás natural comprimido apresenta as seguintes vantagens comparativas:

- Antecipação da criação de mercados em localidades sem infra-estrutura de transporte e/ou distribuição;
- Antecipação de receitas com a venda de gás natural;
- Redução dos riscos de mercado nos projetos de ampliação da malha de transporte e/ou distribuição.

As principais barreiras para a implantação de projetos de gás natural pelas empresas analisadas foram:

- Desconhecimento sobre o preço do gás natural;
- Tipo do contrato de venda do gás natural não alinhado com as práticas de flexibilidade de prazos e de variação de demanda;
- Custo de conversão dos equipamentos;
- As questões técnicas foram consideradas barreiras menos importantes.

Os incentivos são vistos como impulsionadores para que as empresas adotem o gás natural como energético nas suas atividades: incentivo fiscal para compra de equipamentos; normas ambientais que incentivem o uso do gás em substituição a outros combustíveis; disponibilidade de linhas de financiamento e apoio à qualificação do pessoal.

Algumas importantes conclusões das pesquisas realizadas:

- Os fornecedores de GNC tendem a focar os segmentos de negócio com maior demanda de combustíveis com preços mais elevados, como por exemplo, o GLP, o óleo diesel, a gasolina, o álcool e o óleo combustível leve, em menor escala. O quadro abaixo mostra uma análise comparativa entre estes energéticos, com destaque para o preço do energético gás natural.

**Tabela 10 – Análise Comparativa entre Combustíveis**

Produto	Unidade (U)	Poder Calorífico (Kcal/m <sup>3</sup> )	Preço Médio (R\$/U)	Preço Médio (R\$ / 1000 kcal)
Gasolina	L	11100	2,63	0,213
GLP	Kg	11800	2,48	0,210
Óleo diesel	L	10200	1,85	0,181
Álcool	L	6400	1,70	0,266
Gás natural	m <sup>3</sup>	9400	1,59	0,169

**Fontes: ANP; COMGÁS e Distribuidora de GLP (Base: agosto/2007 Região NE)**

- As distribuidoras de GNC devem atuar estrategicamente na oferta de serviços de diagnósticos energéticos, a fim de propiciar informações úteis às empresas na tomada de decisão para uso do gás natural;
- A aplicação de normas ambientais cada vez mais rígidas é importante para que os concorrentes não tenham vantagens comparativas pelo uso de um energético mais barato e de maior impacto ambiental.

No passado, o gás natural era tido como um combustível de menor valor agregado devido ao pequeno lucro que propiciava. Hoje em dia essa visão foi superada e o gás natural é percebido como uma alternativa energética viável, sob os pontos de vista econômico e ambiental. A exploração de gás natural era ancorada na estratégia de exploração do petróleo. Com a mudança de cenário, atualmente a exploração com objetivo de se descobrir novas jazidas de gás natural passa a ser uma necessidade cada vez mais incentivada.

Outra tendência favorável para o uso do gás natural é na tecnologia aplicada aos motores veiculares que utilizam o gás natural como combustível. Hoje, esta tecnologia é utilizada devido principalmente a economia que propicia. Em futuro próximo, será utilizada principalmente pela opção tecnológica empregada, quer seja pela potência desenvolvida, pelo custo de investimento, ou ainda pelo seu custo comparado com outros energéticos. A disponibilidade de álcool é instável, não há um compromisso por parte dos produtores em manter uma produção de combustível para atender a demanda. A gasolina tende a ficar cada vez mais cara devido ao esgotamento das jazidas e ao consumo cada vez mais crescente.

### 3. TECNOLOGIAS APLICADAS AO GÁS NATURAL COMPRIMIDO

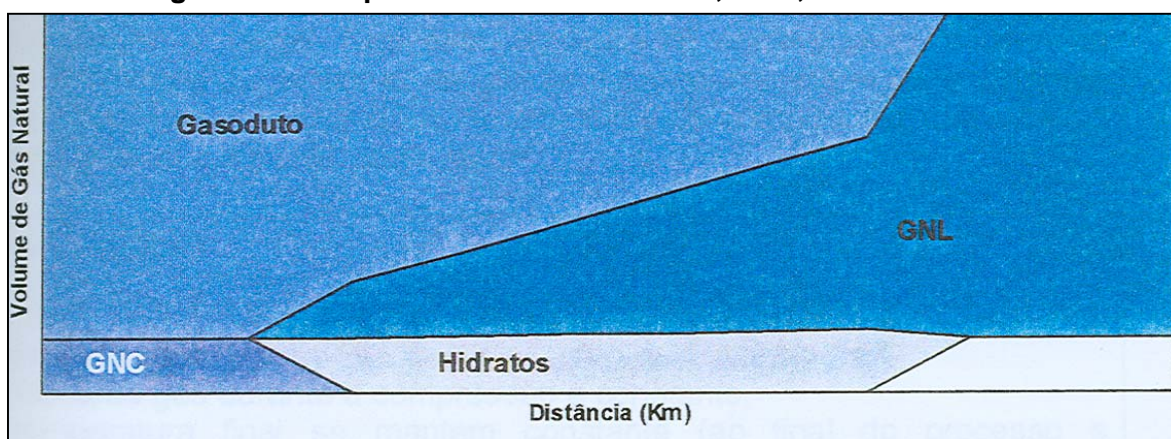
#### 3.1 Introdução

A indústria de gás natural se desenvolveu a partir do uso da tecnologia de transporte de gás natural através de dutos. Trata-se de uma tecnologia bastante desenvolvida. O uso de dutos para o transporte de gás natural remonta ao início do século XX. É o meio de transporte de gás natural mais econômico e seguro. Na maioria das ocasiões em que se opta por outra tecnologia para o transporte de gás natural, normalmente a causa é a inviabilidade econômica da construção do gasoduto. A atratividade econômica para a construção de um gasoduto depende do volume de gás a ser transportado e da distância do transporte. Portanto, quanto maior for o volume de gás natural a ser transportado e menor for a distância de transporte, maior será a atratividade econômica para a construção de um gasoduto.

O gás natural comprimido (GNC) surgiu como uma alternativa para o transporte de pequenos volumes de gás a pequenas distâncias, onde a construção de um gasoduto não se mostrou atrativa economicamente. A tecnologia do gás natural comprimido deve ser percebida dentro do conceito de “gasoduto móvel”. Os equipamentos que compõem um sistema de GNC podem ser movimentados para aplicações em outros locais.

O uso da tecnologia do gás natural comprimido pode criar e desenvolver um mercado para o gás natural, até que seja viabilizada a construção do gasoduto. O crescimento da demanda de gás, suprida por GNC, pode vir a viabilizar a construção de um gasoduto no futuro. A Figura 4.1 ilustra o uso das tecnologias de transporte de gás natural, comparando o volume de gás natural transportado com a distância do transporte.

**Figura 10– Comparativo Conceitual entre, GNC, Gasoduto e GNL**



Fonte: Petrobras

### 3.2 Tecnologias de Compressão e carregamento

A tecnologia utilizada no GNC consiste em comprimir o gás natural a pressões da ordem de 220 atmosferas e armazenar em cilindros para transporte ou consumo final. Ao ser submetido a esta pressão e a uma temperatura de 20°C, o gás natural ocupa um volume 268 vezes menor que o volume padrão (1 atmosfera e 20° C). A redução de volume, obtida com a compressão do gás, possibilita o transporte de volumes consideráveis de gás natural.

O gás natural ao sair dos poços produtores é composto de uma mistura de hidrocarbonetos mais vapor de água e alguns outros gases que o contaminam. Dentre os hidrocarbonetos presentes predomina o metano seguido em ordem decrescente pelo etano e propano. Ocorre também a presença de butano, pentano e mais pesados normalmente em percentuais menores.

Uma composição típica para o gás natural é a seguinte: 92,4% de metano, 5% de etano, 0,6% de propano e 2% de gás carbônico. Este gás apresenta as seguintes propriedades físico-químicas: poder calorífico superior (PCS) de 9.103 kcal/m<sup>3</sup>, densidade absoluta de 0,729 kg/m<sup>3</sup> e fator de compressibilidade (Z) de 0,998.

O uso do gás natural apresenta uma série de vantagens na comparação com os demais energéticos, dentre as quais se destacam: o calor do energético queimado pode ser aplicado diretamente ao produto proporcionando um maior aproveitamento do calor; uma maior eficiência de queima que reduz a emissão de poluentes, evitando-se a instalação de equipamentos de controle de emissões; permite um melhor controle de temperatura que contribui para a qualidade do produto final; garantia de padrões elevados de qualidade que resulta em maior competitividade nos mercados mais nobres e reduz o tempo e o número de paradas para manutenção, aumentando a vida útil dos equipamentos. A desvantagem do uso do gás natural na comparação com outros combustíveis líquidos é a necessidade de investimentos mais elevados nos sistemas de transporte do gás natural desde o campo produtor até o mercado.

Nos fornecimentos de gás natural, os sistemas de medição de vazão devem ser cuidadosamente projetados. A depender das condições do processo do cliente, as variações bruscas de vazão e pressão podem provocar erros significativos na medição.

O gás natural para ser utilizado no processo GNC necessita ser condicionado, reduzindo-se o teor de umidade (vapor de água) e o percentual de hidrocarbonetos mais pesados (propano e mais pesados), normalmente presentes no gás natural ao ser produzido. Esta informação é relevante, para o caso de se empregar o GNC para o aproveitamento da produção de pequenos campos de gás em terra, distantes de gasodutos.

Normalmente o fornecedor de gás natural (produtor nacional, importador ou distribuidor de gás canalizado) entrega o gás natural após ser processado em uma unidade de processamento de gás natural (UPGN). O gás natural oriundo dos poços produtores entra no processo de uma UPGN e saem os seguintes produtos: o gás natural combustível, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a gasolina natural (pentano e mais pesados). O gás natural combustível oriundo de uma UPGN apresenta baixíssimos teores de umidade e de hidrocarbonetos mais pesados. A presença mesmo que residual de umidade e de hidrocarbonetos mais pesados ocasiona a formação de líquido no processo do GNC. Outra fonte de



líquido no processo do GNC é o óleo lubrificante dos cilindros dos compressores. A presença de líquido no GNC provoca diversos problemas como: possibilidade de formação de hidratos (buchas de gelo) que podem restringir ou obstruir as tubulações, alterações na queima do gás natural e redução da capacidade útil dos cilindros de transporte.

O gás natural combustível normalmente contém outros gases como o gás carbônico e o gás sulfídrico. Estes gases são chamados de contaminantes, cuja presença é considerada indesejável no gás natural. Tanto o gás carbônico quanto o gás sulfídrico mais a umidade existente no gás provocam corrosão nos equipamentos e nas tubulações. O teor máximo permitido para estes gases no gás natural combustível é regulado por portaria da ANP.

Para as pressões e vazões utilizadas no processo de compressão do GNC, a escolha do tipo de compressor normalmente recai nos compressores alternativos a pistão. O acionamento dos pistões pode ser mecânico ou hidráulico. Os arranjos dos cilindros de compressão podem ser contrapostos na horizontal ou radial, para os compressores com acionamento mecânico. O número de estágios de compressão depende da pressão disponível no ponto de carregamento.

O acionamento mais comum é por motor elétrico e um sistema de polias com correias. Para os compressores com acionamento hidráulico, um motor elétrico aciona uma bomba que fornece um fluido hidráulico que desloca os pistões nos cilindros de compressão.

Na saída de cada estágio de compressão, o gás é direcionado para resfriamento, passando por um conjunto de tubos aletados. O gás retorna resfriado ao próximo estágio do compressor, assim sucessivamente, até completar todo o ciclo de compressão. O esfriamento do gás é obtido mediante o conjunto resfriador a ar que contém um ventilador axial, que é acionado por um motor elétrico, provocando a passagem de ar através dos tubos aletados. O ar é dissipado ao ambiente pelo duto de saída.

Um separador de óleo é colocado na saída de todos os estágios de resfriamento. Sua função é coletar o óleo de lubrificação e os condensados do gás e separá-los do sistema por meio de uma válvula de drenagem, minimizando a presença de líquido no GNC.

No projeto de uma unidade de compressão de um sistema de GNC, deve-se buscar sempre que possível a maior pressão disponível no gás natural para a sucção do compressor. Quanto menor for a diferença entre a pressão de descarga e a pressão de sucção da unidade de compressão, menor será o investimento e o custo operacional da unidade, para uma mesma vazão de gás.

A seguir, apresenta-se um quadro resumo com alguns fornecedores de compressores.

**Tabela 11 – Alguns fabricantes de compressores**

FORNECEDOR	CONTATOS
Ariel Corp / Eicasa Indústria e Comércio Ltda	Endereço: Rua Guaranésia, 900 Cidade: São Paulo UF: SP Cep: 02.112-001 Tel: 11-6954-8155/ Fax: 11-6954-4245 E-mail: <a href="mailto:eicasa@csf.com.br">eicasa@csf.com.br</a>
Cab - Compressores Indústria	Endereço: Rua Mário Junqueira da Silva, 646 Cidade: Campinas

e Comércio Ltda.	UF: SP Cep: 13.063-000 Tel: 19-3242-3199 Fax: 19-3242-3163 E-mail: <a href="mailto:cabtec@bestway.com.br">cabtec@bestway.com.br</a>
Andreas Hofer / Mannesman Demag Ltda.	Endereço: Av. das Nações, 999 Cidade: Vespasiano UF: MG Cep: 33.200-000 Tel: 31-629-1168 / 629-1302 Fax: 31-629-1251 / 629-1368 E-mail: <a href="mailto:neasul@net.em.com.br">neasul@net.em.com.br</a>
Atlas Copco Brasil Ltda.	Endereço: Alameda Araguaia, 2700 Cidade: Barueri UF: SP Cep: 06.455-000 Tel: 11-7296-8700 Fax: 11-7295-4922 / 7296-8761 / 7295-7090 E-mail: <a href="mailto:acbrasil@atlascopco.com">acbrasil@atlascopco.com</a>
Barionkar Industrial de Máquinas Ltda.	Endereço: Rua Armindo Hahne, 65 Cidade: Osasco UF: SP Cep: 06.210-090 Tel: 11-7083-9977 Fax: 11-7083-3018 E-mail: <a href="mailto:barionkar@barionkar.com.br">barionkar@barionkar.com.br</a>
Bitzer Compressores Ltda.	Endereço: Av. Mofarrej, 317 Cidade: São Paulo UF: SP Cep: 05.311-000 Tel: 11-260-4322 Fax: 11-832-1974 E-mail: <a href="mailto:bitzer@bitzer.com.br">bitzer@bitzer.com.br</a>
Chicago Pneumatic do Brasil Ltda.	Endereço: Av. Mascote, 159 Cidade: São Paulo UF: SP Cep: 04.363-000 Tel: 11-5562-7314 Fax: 11-5563-9208 E-mail: <a href="mailto:chicago.pneumatic@ibm.net">chicago.pneumatic@ibm.net</a>
Chp Ermeto - Central Hidráulica e Pneumática Ltda.	Endereço: Rua Dr. Benigno Ribeiro, 366 Cidade: Campinas UF: SP Cep: 13.030-600 Tel: 19-272-4133 Fax: 19-272-0614 E-mail: <a href="mailto:chpermuto@chpermuto.com.br">chpermuto@chpermuto.com.br</a>
Danfoss do Brasil Indústria e Comércio Ltda.	Endereço: Rua Nelson Francisco, 26 Cidade: São Paulo UF: SP Cep: 02.712-100 Tel: 11-3933-5400 Fax: 11-3933-5455 E-mail: <a href="mailto:email@Danfoss.com">email@Danfoss.com</a>
Demag Delaval Turbomachinery Ltda.	Endereço: Rua Padre Marinho, 37/13o. andar Cidade: Belo Horizonte UF: MG Cep: 30140-040 Tel: 31-3241-7291 Fax: 31-3241-1717 E-mail: <a href="mailto:stephan.rosenast@demagdelaval.com.br">stephan.rosenast@demagdelaval.com.br</a>
Empresa Brasileira de Compressores Embraco Ltda.	Endereço: Rua Rui Barbosa, 1020 Cidade: Joinville UF: SC Cep: 89.219-901 Tel: 47-441-2213 Fax: 47-441-2870 E-mail: <a href="mailto:rmmercado@embraco.com.br">rmmercado@embraco.com.br</a>
Fuller Bulk Handling International	Endereço: 3225 Schoenersville Road P.O. Box 805 Cidade: Bethlehem UF: PA Cep: 18016-0805 Tel: 610-264-6732 Fax: 610-264-6711 E-mail: <a href="mailto:adwyer@fullerco.com">adwyer@fullerco.com</a>

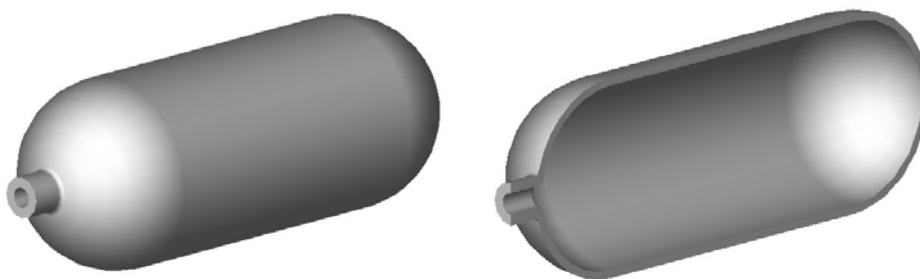
Ge Nuovo Pignone / General Electric do Brasil Ltda.	Endereço: Praia de Botafogo, 228 / Sl. 1201 D, Ala B Cidade: Rio de Janeiro UF: RJ Cep: 22.359-900 Tel: 21-553-0849 Fax: 21-553-0849 E-mail: <a href="mailto:fabio.brogini@np.ge.com">fabio.brogini@np.ge.com</a>
Ghh - Borsig / Ferrostaal do Brasil S.A. Comércio e Indústria	Endereço: Praia de Botafogo 440 / 9º Andar Cidade: Rio de Janeiro UF: RJ Cep: 22.250-040 Tel: 21-537-9020 Fax: 21-537-8774 E-mail: <a href="mailto:oriana@ruralrj.com.br">oriana@ruralrj.com.br</a>
Junqueira & Vetrano Industrial Ltda.	Endereço: Rua José Rachel Pinho, 909 - Bairro Jardim Vitória Cidade: Belo Horizonte UF: MG Cep: 31.975-320 Tel: 31-3275.3978 Fax: 31-3275-3978 E-mail: <a href="mailto:gasfort@alol.com.br">gasfort@alol.com.br</a>
Mannesmann Demag Ltda.	Endereço: Av. das Nações, 999 Cidade: Vespasiano UF: MG Cep: 33.200-000 Tel: 31-629-1302 Fax: 31-629-1368 E-mail: <a href="mailto:comp@demag.com.br">comp@demag.com.br</a>
Movitec Compressores de Processo	Endereço: Lot. Varandas Tropicais, Quadra L-24 Cidade: Lauro de Freitas UF: BA Cep: 42700-000 Tel: 71-379-0151 Fax: 71-379-5242 E-mail: <a href="mailto:movitec@svn.com.br">movitec@svn.com.br</a>
Mycom Mayekawa do Brasil Refrigeração Ltda.	Endereço: Av. Dona Ruyce Ferraz Alvim, 671 Cidade: Diadema UF: SP Cep: 09.961-903 Tel: 11-4071-2158 Fax: 11-4071-2307 E-mail: <a href="mailto:mycom@mycom.com.br">mycom@mycom.com.br</a>
Nea - Neuman & Esser / Mannesman Demag Ltda.	Endereço: Av. das Nações, 999 Cidade: Vespasiano UF: MG Cep: 33.200-000 Tel: 31-629-1168 Fax: 31-629-1251 E-mail: <a href="mailto:neasul@net.em.com.br">neasul@net.em.com.br</a>
Omel Bombas e Compressores Ltda.	Endereço: Rua Silvío Manfredi, 201 Cidade: Guarulhos UF: SP Cep: 07.241-000 Tel: 11-6412-3200 Fax: 11-6412-5056 E-mail: <a href="mailto:omel@omel.com.br">omel@omel.com.br</a>
Techgás Empreendimentos Ltda.	Endereço: Rua Rodrigo Silva, 8 / sala 201 Cidade: Rio de Janeiro UF: RJ Cep: 20.011-040 Tel: 21-240-6251 Fax: 21-240-6247 E-mail: <a href="mailto:www.techgas@montreal.com.br">www.techgas@montreal.com.br</a>
Weatherford Indústria e Comércio Ltda.	Endereço: Rua Gerson Andreis, 2417 - Distrito Industrial Cidade: Caxias do Sul UF: RS Cep: 95.112-130 Tel: 54-227-3033 Fax: 54-227-2323 E-mail: <a href="mailto:weatherford@weatherford.com.br">weatherford@weatherford.com.br</a> URL: <a href="http://www.weatherford.com.br">http://www.weatherford.com.br</a>

### 3.3 Tecnologias de Transporte de Gás Natural Comprimido

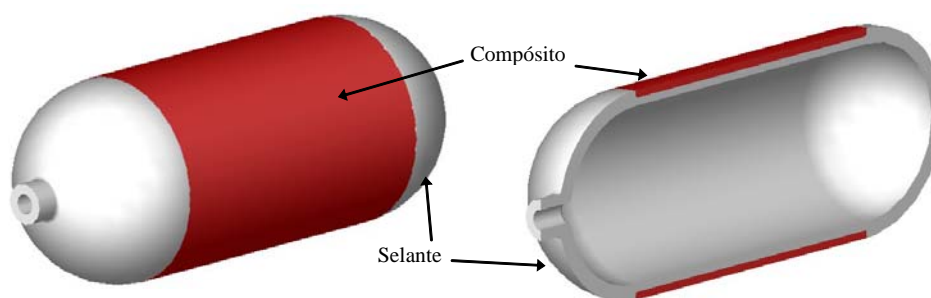
Para o transporte do GNC são utilizados cilindros especificados para uso com pressões elevadas e acondicionados em caminhões. Os cilindros para transporte do GNC são montados em módulos fixos ou removíveis nos caminhões. A tecnologia do GNC tem como principais limitações tecnológicas o peso e a capacidade dos cilindros para transporte de gás. Nas tecnologias tradicionais, que utiliza cilindros metálicos, o peso do gás natural comprimido transportado é de 11% do peso bruto de um caminhão de 40 toneladas.

Em função das limitações referidas, estão sendo empregados alguns materiais mais leves que o aço carbono e de alta resistência, na fabricação de cilindros. Atualmente, com o emprego dos materiais mais leves que o aço carbono, são fabricados quatro tipos de cilindros:

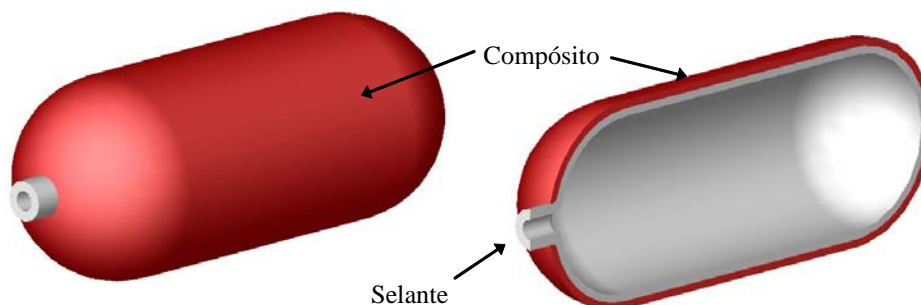
- **Cilindros metálicos:** mantém a configuração tradicional, são fabricados com novas ligas de aço e apresentam redução de peso de 10%, quando comparados aos seus congêneres tradicionais.



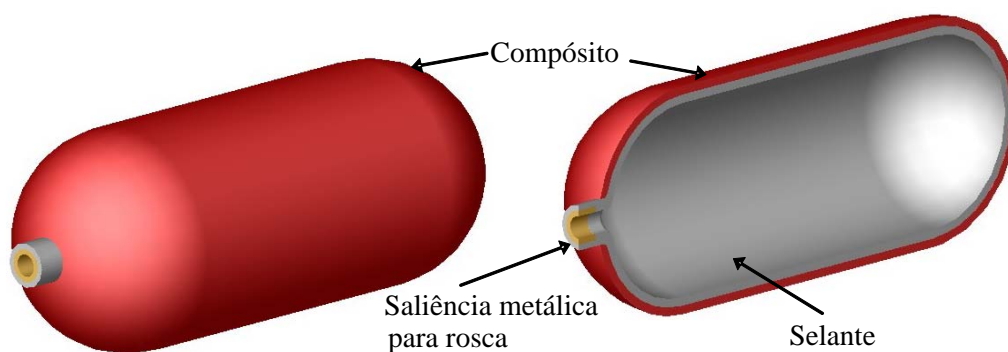
- **Cilindros metálicos com plástico reforçado apenas na porção cilíndrica:** neste caso, a redução de peso obtida é de 25 a 30%, quando comparado ao equivalente metálico.



- **Cilindros de alumínio totalmente revestidos por plástico reforçado:** um cilindro de alumínio sem costura e com paredes finas é integralmente revestido por fibras enroladas, tanto helicoidalmente, como circunferencialmente. A redução de peso obtida é de 50% na comparação com o cilindro de aço.

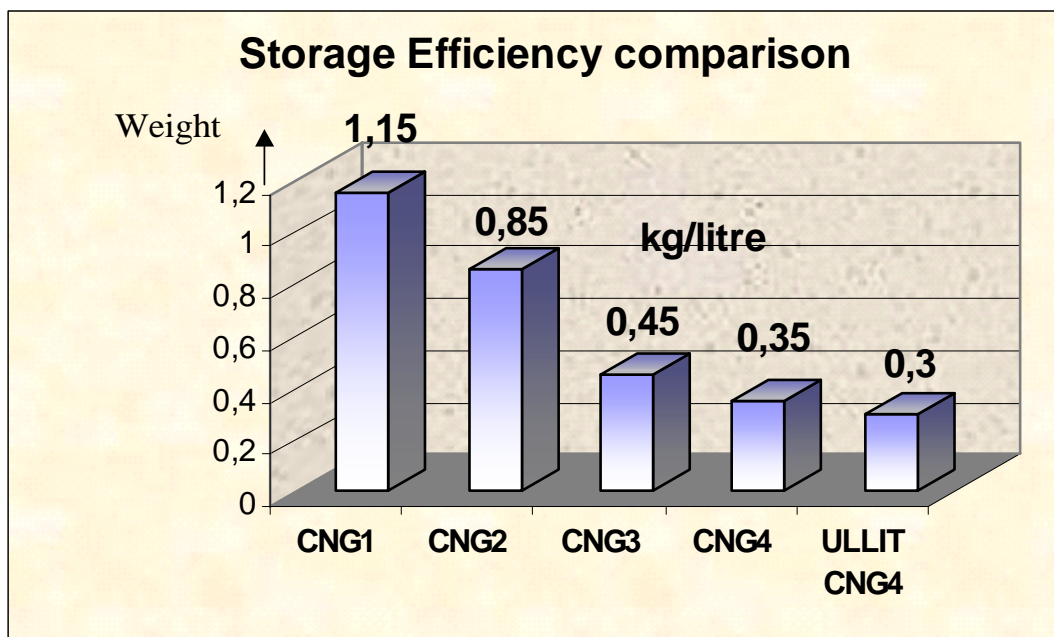


- **Cilindros plásticos totalmente revestidos por plástico reforçado:** neste caso, tem-se um cilindro plástico, normalmente fabricado em termoplástico, totalmente revestido por fibras enroladas como no caso anterior. Aqui o cilindro interno tem função somente de tornar o cilindro impermeável ao gás, enquanto que no caso anterior o cilindro interno também participa estruturalmente. A redução de peso obtida é de 60 a 80% na comparação com o cilindro de aço.



A Figura 4.2 demonstra o ganho de eficiência no transporte do GNC, quando o aço carbono é substituído por materiais mais leves e de alta resistência. O gráfico compara os valores do peso do cilindro (kg) por unidade de volume de capacidade de armazenamento (litro). A simbologia adotada é a seguinte: CNG1 - cilindro de aço carbono; CNG2 - cilindro metálico com plástico reforçado apenas na porção cilíndrica; CNG3 - cilindro de alumínio totalmente revestido por plástico reforçado e CNG4 - cilindro plástico totalmente revestido por plástico reforçado.

Figura 11 – Comparação da eficiência de armazenamento dos cilindros



Fonte: Ullit

A Tabela 4.1 compara o custo, o peso, a vida útil e o custo anual do serviço, para os cilindros fabricados com os materiais citados. O cilindro fabricado com carbono consegue uma redução de peso de 76% na comparação com o cilindro fabricado com aço. O cilindro fabricado com carbono custa o dobro do cilindro fabricado com aço. Os custos comparados são fornecidos pela companhia Ullit, um fornecedor de cilindros de carbono da França. Como os cilindros de carbono ainda não são fabricados no Brasil, faz-se necessário adicionar os custos de importação.

Tabela 12 – Comparação de custos, pesos e vida útil dos cilindros

Type	Structural Materials	Cost (A)	Weight (B)	Life (C)	Cost per year of service (A / C)
CNG 1	- Steel	40 (the cheapest)	100 (the heaviest)	20 years	2
CNG 2	- Steel, Glass	80	65	20 years	4
CNG 2	- Aluminium, Glass	95	55	15 years	6,33
CNG 3	- Aluminium, Glass	90	45	15 years	6
CNG 3	- Aluminium, Carbon	100 (the most expensive)	25	15 years	6,66
CNG 4	- Hybrid Carbon, Glass	95	30	20 years	4,75
CNG 4	- Full carbon (Ullit company in France)	70/80 (the most competitive)	24 (the lightest)	20 years	3.5 to 4

Fonte:Ullit

A seguir, apresenta-se um quadro resumo com alguns fabricantes de cilindros, contatos e os respectivos tipos de cilindros.

**Tabela 13 – Alguns fabricantes, contatos e tipos de cilindros.**

FABRICANTE	CONTATOS	TIPOS DE CILINDROS
Cilbras	Rio Grande do Norte Av. Dão Silveira, 3644 Candelária - Natal – RN CEP 59067-190 TEL 0800 841390 TEL (84) 217-4300 Home Page: <a href="http://www.cilbras.com.br">www.cilbras.com.br</a>	GNV 1
Faber Industries S.p.A.	Zona Industriale 33043 Cividale del Friuli (Udine) Italy Fax: ++ 39 0432 700332 Pessoa de contato: Franco Michelini E-mail: <a href="mailto:CNG@faber-italy.com">CNG@faber-italy.com</a> Home page: <a href="http://www.faber-italy.com">www.faber-italy.com</a>	GNV 1, GNV 2 e GNV3
Luxfer Gas Cylinders	Luxfer Gas Cylinders, USA 3016 Kansas Avenue, Riverside, California 92507, USA Tel: +1 909 684 5110 Fax: +1 909 328 1117 Pessoa de Contato: Kathryn M. Gamboa e-mail: <a href="mailto:kathryn.Gamboa@us.luxfercylinders.com">kathryn.Gamboa@us.luxfercylinders.com</a> Home page: <a href="http://www.luxfercylinders.com">www.luxfercylinders.com</a>	GNV 1, GNV 2 e GNV3
Worthington Cylinders	P.O. Box 391 1085 Dearborn Drive Columbus, Ohio USA 43085-0391 Fone: 614-438-3013 / 1-800-323-6224 Fax: 614-438-3083 e-mail: <a href="mailto:cylinders@WorthingtonIndustries.com">cylinders@WorthingtonIndustries.com</a> Home page: <a href="http://www.worthingtoncylinders.com">www.worthingtoncylinders.com</a>	GNV 2
BAC Technologies LTD	8115 Calland Road West Liberty, OH 43357-9604 Phone: 937-465-BACT (2228) Toll Free: 866-308-BACT (2228) Fax: 937-465-2334 e-mail: <a href="mailto:info@bactechnologies.com">info@bactechnologies.com</a> Home page: <a href="http://www.bactechnologies.com">www.bactechnologies.com</a>	GNV 3
Dynetek Industries LTD	4410, Avenue SE Calgary, AB T2B 3N7 Canadá Tel: 1 888 396 3835 / 403 720 0262 Fax: 403 720 0263 Contato no Brasil: João Carlos Nunes E-mail: <a href="mailto:joaocnunes@beeengenharia.com.br">joaocnunes@beeengenharia.com.br</a> Fone: 021-2215-9458/2215-9459/ 9803-0039 Home page: <a href="http://www.dynetek.com">www.dynetek.com</a>	GNV 3
ULLIT S.A.	Rue des Ajoncs – 36400 LA CHÂTRE - FRANCE Tel: 33 (0)2 54 48 19 92 Fax: 33 (0)2 54 48 19 24 Home Page: <a href="http://www.ullit.com">www.ullit.com</a>	GNV 4
General Dynamics – Armament and Technical Products	4300 Industrial Avenue, Lincoln, NE 68504 Tel: 1-800-279-TANK / 402-464-8211 Fax: 402-464-6777 E-mail: <a href="mailto:tuffshell@gdatp.com">tuffshell@gdatp.com</a> Home Page: <a href="http://www.gdatp.com">www.gdatp.com</a>	GNV 4

### 3.4 Tecnologias de Descarregamento de Gás Natural Comprimido

O descarregamento do GNC depende da pressão do gás requerida pelo processo do cliente. Quanto menor for a pressão do processo a ser atendido pelo GNC, mais simples é a tecnologia para o descarregamento.

Para uma indústria, que recebe o gás a uma pressão de 4kgf/cm<sup>2</sup>, o descarregamento é feito diretamente dos cilindros pressurizados para o sistema do cliente, utilizando-se o diferencial de pressão. Devido ao grande diferencial de pressão entre os cilindros de GNC a 220 kgf/cm<sup>2</sup> e o consumo industrial a 4kgf/cm<sup>2</sup>, a pressão deve ser reduzida em cascata e a distância entre as válvulas reguladoras de pressão deve permitir a troca de calor com o meio ambiente. Este tipo de arranjo tem como objetivo evitar a formação de hidratos e tem aproveitamento de 98% do gás contidos nos cilindros.

Quando o cliente de GNC é um posto de GNV cujo processo necessita de uma pressão de 220 kgf/cm<sup>2</sup>, deve-se prever a instalação de uma unidade de compressão. Caso contrário o volume de gás residual nos cilindros das carretas de transporte de GNC será muito grande, que reduzirá significativamente o volume de gás transportado. Portanto, quando o GNC é utilizado para suprir um posto de GNV, deve-se considerar o investimento e o custeio dos sistemas de compressão, tanto na tomada no gasoduto quanto no posto de abastecimento. Este fato reduz a margem do GNC para suprir um posto de GNV, quando comparado com o suprimento de GNC para uma indústria.

### **3.5 Principais fornecedores**

O desenvolvimento dos nichos de mercado de GNC, em especial o segmento veicular, o GNV, tem atraído a atenção de várias empresas. Estas empresas vêm desenvolvendo ações para contornar os obstáculos tecnológicos impostos ao transporte do GNC a granel. Apresenta-se a seguir as principais inovações tecnológicas desenvolvidas no transporte de GNC a granel, com destaque para os impactos destas inovações sobre a competitividade desta tecnologia. As tecnologias mais utilizadas para aplicação no GNC, podem ser avaliadas, conhecendo-se os sistemas fornecidos pelas empresas: Neogas, Galileo, Fiba Technologies e White Martins.

#### **3.5.1 Neogas**

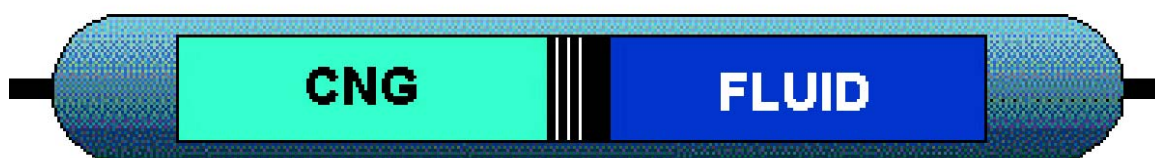
A Neoppg (Production Performance Group) é uma empresa de Houston-EUA, inicialmente criada para prestação de serviços de energia na área de otimização de reservatórios. A Neoppg se lançou num processo de diversificação tecnológica entrando para o negócio de transporte de GNC a granel, através da criação da divisão Neogas, responsável pela comercialização de uma nova tecnologia, desenvolvida especialmente para viabilizar o transporte de GNC. O objetivo da empresa é não apenas viabilizar o atendimento do mercado final de gás natural que não tem acesso à rede de distribuição, mas também atuar na monetização de reservas de gás consideradas irrecuperáveis, em função do pequeno volume de gás. Muitas vezes o tamanho da reserva de gás não justifica a construção de um gasoduto para transporte desta reserva até o local de tratamento e comercialização.

A principal inovação do projeto Neogas, patenteado pela empresa, se refere à tecnologia de transferência do GNC entre cilindros. Trata-se do método denominado Hydrogas. Esta tecnologia permite que o carregamento e o descarregamento do gás depositado em cilindros seja realizado, utilizando-se uma bomba, cuja função é impulsionar um fluido hidráulico que desloca o gás nos cilindros. Com a ajuda desta bomba, o carregamento dos cilindros do caminhão, a



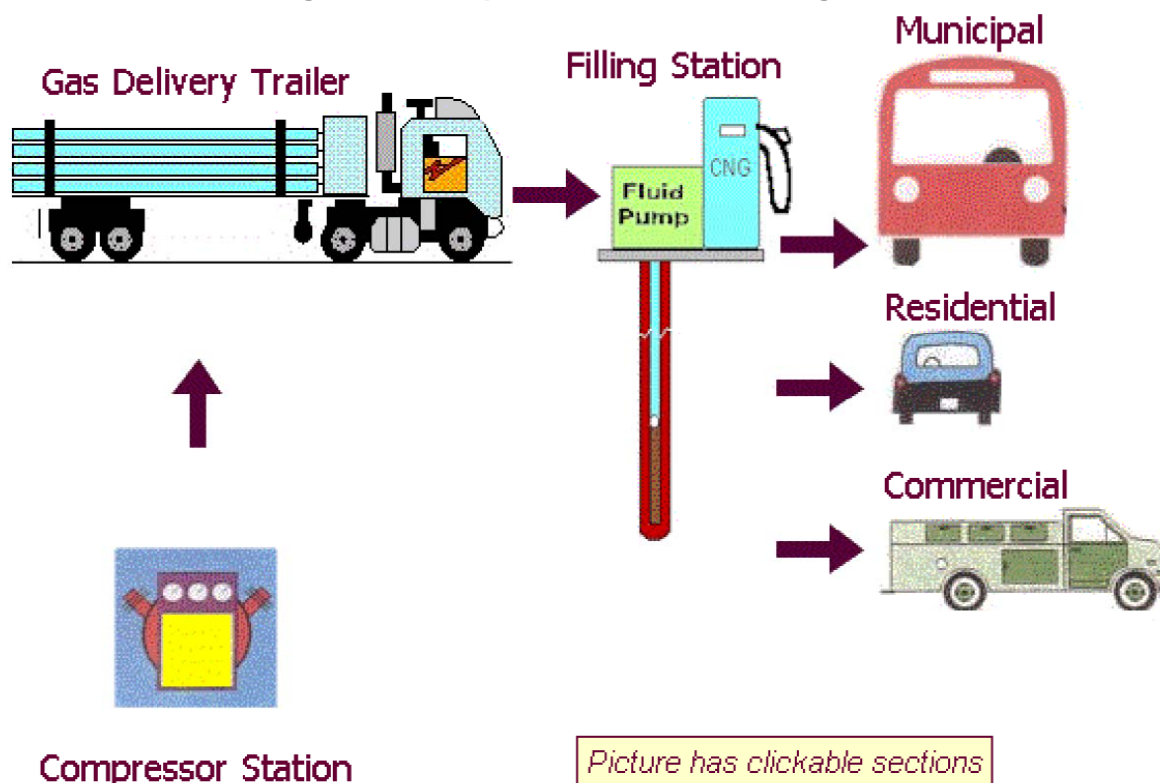
transferência do GNC dos cilindros do caminhão para os cilindros do posto de GNV e a transferência para os cilindros dos veículos a GNV podem ser realizados rapidamente, sem deixar um volume residual importante nos cilindros do caminhão. Mais importante ainda, a transferência entre os cilindros pode se realizar a uma pressão constante (normalmente igual a 250bar).

**Figura 12 – Sistema hidráulico Neogas de transferência de GNC**



Quando o abastecimento dos cilindros está chegando ao fim, um pequeno resíduo de GNC empurra o fluido de volta para o seu reservatório presente na bomba hidráulica, usando a própria pressão do gás natural comprimido.

**Figura 13 – Esquema do Processo Neogas**



Compressor Station – Estação compressora, responsável pela compressão do gás natural.  
 Gas Delivery Station – Caminhão que transporta o GNC até o posto.  
 Filling Station – É o local onde se dá o abastecimento do veículo.

A bomba hidráulica atua em duas etapas da tecnologia: no caminhão a fim de possibilitar a transferência do combustível do cilindro do caminhão para o cilindro do posto; e no posto de GNV, onde viabiliza a transferência do gás do cilindro do posto para o reservatório do veículo.

Os caminhões de GNC, que utilizam a tecnologia Neogas, são especialmente projetados para tal finalidade. A empresa Neogas é responsável pela concepção, fabricação e instalação de todos os equipamentos utilizados.

**Figura 14 – Carreta Neogas com capacidade de 5000m<sup>3</sup> utilizando a tecnologia Hydrogas**



Com a utilização da tecnologia Hydrogas, os postos ficam capacitados a abastecer um veículo com grande rapidez e sem a necessidade de uma estação de compressão no posto, substituída por uma bomba hidráulica para impulsionar o fluido, que desempenhará o mesmo papel realizado na transferência do GNC dos cilindros do caminhão para o posto.

A economia de tempo se dá no enchimento dos cilindros do caminhão e na transferência do GNC para o reservatório do posto de GNV. O sistema hidráulico permite a transferência do conteúdo de gás entre cilindros, sem perda importante de pressão, em um curto espaço de tempo.

O mecanismo hidráulico de 60 hp de potência consegue abastecer um ônibus com a quantidade de 406 litros de GNC em 5,5 minutos, a uma velocidade igual ou até mesmo superior ao fornecimento de gasolina. Para se encher o tanque de um pick-up por este método não é preciso mais do que 45 segundos.

Outra vantagem desta tecnologia advém da redução dos custos de investimentos para os postos de abastecimento do GNC. A empresa Neogas oferece toda a instalação de compressão, transporte e abastecimento, com exceção da bomba de abastecimento ou *dispenser*. Ela cobra um preço fixo pelo transporte do gás, ou seja, a Neogas atua como uma fornecedora de serviços de transporte de GNC. Os ativos permanecem sob a titularidade da empresa, por conseguinte, a tecnologia não está disponível para aquisição.

Na linha de produtos da empresa Neogas também constam carretas convencionais, isto é, que não utilizam o sistema Hydrogas. O modelo da carreta na Figura 4.6, tem capacidade de 7.280 Nm<sup>3</sup>.

**Figura 15 – Carreta Convencional da Neogas com capacidade de 7280m<sup>3</sup>**

### **3.5.2 Galileo**

Galileo é um grupo empresarial Argentino, formado a partir de uma *jointventure* entre quatro empresas multinacionais: As Italianas Tartarini (fabricante de instrumentos para regulação, tratamento, medição e controle de gás natural) e Faber Industries (produtor de cilindros para gás natural comprimido); a Canadense Fuelmaker (Equipamentos para abastecimento de automóveis a Gás Natural) e a Ariel (fabricante de compressores). Estas empresas se uniram para desenvolver um sistema inovador para transporte de GNC especialmente dedicado para o mercado de GNV.

A Galileo é uma das fornecedoras de sistema de compressão para o mercado de GNV no Brasil. Através da união de tecnologias de compressão e descompressão, o grupo Galileo desenvolveu uma tecnologia inovadora para o transporte do Gás Natural Comprimido (GNC), com foco principalmente no mercado de gás natural veicular. Esta tecnologia visa viabilizar o suprimento de localidades que não são atendidas por gasodutos.

O Sistema Modular de Transporte (SIMT), nome dado à nova tecnologia, baseia-se na construção em um curto período de tempo de instalações modulares, permitindo a expansão do sistema de transporte de acordo com o aumento da demanda. A versatilidade da tecnologia SIMT está apoiada em três empreendimentos tecnológicos. O primeiro empreendimento consiste nas estações modulares de GNC denominadas MICROBOX, o segundo consiste nas plantas de regulação de pressão em módulos da linha da empresa italiana Tartarini e por último, o transporte do GNC realizado através de caminhões dotados da tecnologia MAT.

A tecnologia SIMT desenvolveu dois tipos de compressores. São eles: o Microbox e o Microskid. Estes componentes têm como função comprimir o gás natural que recebe através de dutos. Após esta etapa, efetua-se a transferência

do GNC para os módulos MAT que transportarão e armazenarão o gás até o seu destino.

**Figura 16 – Compressor Microbox**



**Figura 4.8 – Compressor Microskid**



Os MAT são os recipientes em que o GNC é armazenado e transportado até os diversos pontos de consumo. Estes módulos são compostos por um conjunto de cilindros de pequeno porte. A grande vantagem deste módulo é o fato do gás ser transferido diretamente para os cilindros dos veículos. Estes módulos são deixados no posto GNV, até o seu esvaziamento, quando são trocados por outro carregado. Desta forma, esta tecnologia economiza uma operação de transferência: para o reservatório do posto de GNV.

A concepção do sistema em módulos permite uma maior eficiência no atendimento a um mercado pulverizado e com pequenos consumidores. A carreta pode entregar e recolher até oito módulos por viagem de ida e volta. O sistema de

módulos MAT evita que a carreta fique dedicada ao armazenamento de GNC, durante o uso do gás pelo cliente.

Cada módulo MAT é composto por até 42 cilindros e tem capacidade de armazenar 1.500 m<sup>3</sup>. Os módulos MAT representam a principal inovação do sistema proposto pela Galileo. Ao utilizar cilindros de menor porte, o sistema MAT, possui uma melhor relação peso/capacidade de transporte, quando comparado aos grandes cilindros em aço. Os pequenos cilindros são capazes de suportar uma pressão mais elevada e, portanto, resulta numa melhor relação peso/capacidade.

**Figura 4.9 – Módulo MAT**



A tecnologia SIMT dispõe de três tipos de sistemas de transporte, são eles: ST-4, ST-2 e ST-1. No sistema de transporte ST-4, o caminhão tem a capacidade de transportar até quatro módulos MAT (6000 m<sup>3</sup>). Para o sistema de transporte ST-2, o caminhão tem a capacidade de transportar até dois módulos MAT (3000m<sup>3</sup>). O Sistema de transporte ST-1 é composto por uma plataforma que transporta um módulo MAT (1500m<sup>3</sup>).

**Figura 4.10 – Sistema de transporte ST-4**



As operações de carregamento e descarregamento dos Módulos MAT nos caminhões são executadas através de uma plataforma especialmente construída

para esta aplicação, e requer apenas uma pessoa para a sua realização. O próprio motorista pode ser treinado para fazê-la.

### **3.5.3 FIBA Technologies**

FIBA Corporation é uma empresa de Westboro – MA, que desde 1958 desenvolve e produz equipamentos para estocagem e transporte de GNC e gases industriais. Com o crescimento do mercado de GNV, a empresa desenvolveu e lançou um sistema dedicado a este segmento de mercado. Trata-se do “Naturalene NGV System”. Este sistema se apresenta como uma alternativa para reduzir o custo das estações de GNV.

A empresa Fiba tem uma companhia no Brasil, FIBA Tecnologias do Brasil LTDA, que presta serviços às empresas de gases industriais. (White Martins, Praxair, MESSER do Brasil e Air Liquid Brasil). A Fiba tecnologias aluga atualmente cerca de 100 carretas (Superjumbo e ISSO skids) para empresas de gases industriais.

#### **Estação filha da FIBA**

O sistema Naturalene desenvolvido pela FIBA é composto de um trailer com cilindros, cujo tamanho varia de acordo com o modelo. Um trailer de grande tamanho tem 13,4 metros de comprimento, com sete cilindros; um compressor de diafragma e um sistema de controle de abastecimento. A capacidade total de estocagem deste sistema é de 4.000 m<sup>3</sup> numa pressão de 260bar. Esta capacidade é suficiente para abastecer cerca de 80 veículos, que podem ser abastecidos diretamente pelo trailer.

**Figura 4.11 – Trailer Superjumbo Fiba**



A idéia proposta pelas Estações Naturalene é levar o trailer até o posto, deixá-lo estacionado, e abastecer diretamente os veículos a partir do trailer. Desta forma, evita-se a transferência do gás para o reservatório do posto GNV. Para viabilizar a transferência do gás da estação-filha para os cilindros dos automóveis, é utilizado um compressor recíproco, para manter a pressão e o fluxo de abastecimento, enquanto o volume e a pressão dos cilindros do trailer diminuem com o abastecimento. Com a ajuda do compressor recíproco, pode-se transferir cerca de 80% do volume do gás dos cilindros, permanecendo um resíduo de 20%. Este sistema é totalmente independente e não requer suprimento externo de

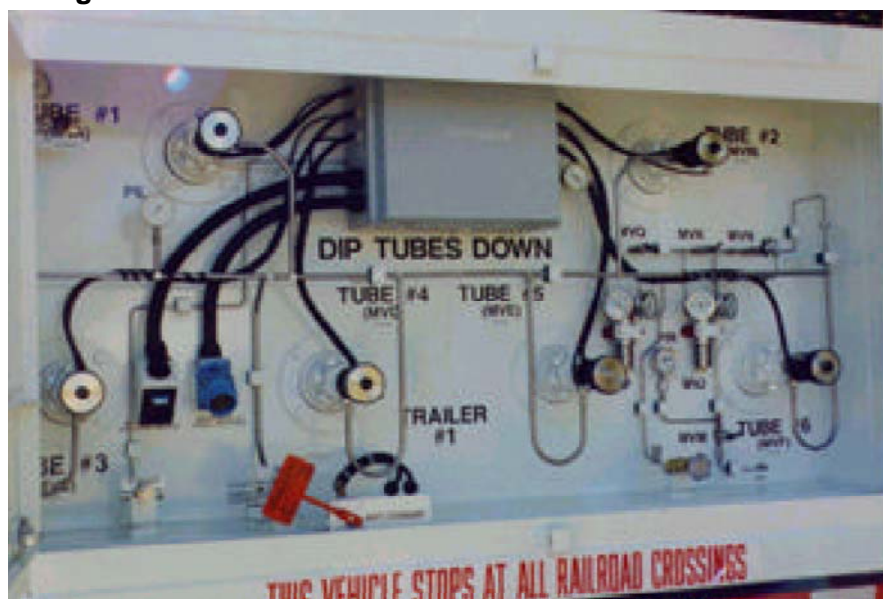
energia ou combustível. Além do trailer superjumbo, estão disponíveis também, trailers com menor capacidade, conforme mostra a Figura 4.12.

**Figura 4.12 – Trailer Modular DOT FIBA**



Além do compressor recíproco, a Fiba Technologies desenvolveu um sistema de controle de transferência, que melhora a eficiência do processo. Este sistema pode ser instalado diretamente no trailer.

**Figura 4.13 – Sistema de controle de transferência – FIBA**



### **3.5.4 White Martins**

A White Martins é uma empresa tradicional no setor de gases industriais no Brasil. Está operando sistemas de GNC desde setembro de 2005. O sistema utiliza carretas com capacidade de até 6.300m<sup>3</sup>. Apresenta-se a seguir algumas informações sobre o seu sistema de GNC que recebeu o nome comercial de “Gasoduto Virtual”.

O sistema utiliza cilindros pequenos, a exemplo da maioria dos projetos mais recentes dos demais fornecedores. Os semi-reboques transportam até 6.235 m<sup>3</sup>, em 12 módulos com 14 cilindros cada. O tipo de cilindro utilizado neste

modelo de semi-reboque tem um comprimento de 1.690 mm, um diâmetro de 340 mm e um volume hidráulico de 125 litros. A pressão de transporte do GNC é de 250 bar. Os cilindros utilizados são fabricados pela Cilbras. A descarga do produto pode ser feita em módulos, proporcionando uma maior eficiência no descarregamento. O sistema de GNC pode ser fornecido com uma unidade de compressão ou com um sistema de redução de pressão, a depender da necessidade do cliente.

Em contato telefônico a White Martins informou que fornece o semi-reboque com capacidade de 6.235 m<sup>3</sup> de gás por R\$ 450.000,00 sem impostos. No mesmo contato a empresa informou que fornece módulos com cilindros, “cestas”, com capacidades variando de 215 m<sup>3</sup> até 680 m<sup>3</sup>. As dimensões da cesta de maior capacidade são h=2,44m, L=1,40m e C=1,40m. A cesta de cilindros, com capacidade de 680 m<sup>3</sup>, custa R\$ 45.000,00 incluindo-se os impostos. Estas cestas são projetadas para serem transportadas em caminhão “Munk” com capacidade de transportar de quatro a seis cestas. As cestas de cilindros são ideais para “rota de atendimento” com vários clientes de demanda pequena. Os sistemas de redução de pressão são fornecidos com capacidades que variam de 300 a 800 m<sup>3</sup>/h a preços de R\$ 90.000,00 a R\$ 110.000,00, respectivamente.

O produto GNC é apresentado para aplicações em indústrias, postos de GNV, empresas comerciais, distribuidoras de gás natural canalizado e condomínios residenciais.

**Figura 4.14 – Gasoduto Móvel**

MODELO	PRESSÃO DE SERVIÇO		CAPACIDADE HIDRÁULICA	CAPACIDADE EM GÁS	DIMENSÕES (mm)			PESO (kg)		
	bar	psi	litros	m <sup>3</sup>	Largura	Altura	Comp.	Vazio	Carga	PBT
S/ Cavalos Mecânico	250	3.626	21.000	6.300	2.600	3.350	9.000	33.640	4.338	37.978



### 3.6 Gargalos tecnológicos

Basicamente, dois gargalos tecnológicos têm determinado os limites econômicos do negócio do transporte do GNC. O primeiro se refere ao peso e a capacidade dos cilindros para transporte do gás. O peso dos cilindros determina a capacidade de transporte por caminhão. Com a tecnologia disponível atualmente



e utilizando-se de grandes cilindros de aço (figura 4.15), um caminhão de 40 toneladas pode transportar no máximo 5000 normais metros cúbicos (Nm<sup>3</sup>). Para poder transportar uma maior quantidade de gás, é necessário desenvolver cilindros de menor peso ou cilindros capazes de suportar maiores pressões. Como pode ser observado pela Figura 4.15, um caminhão seria capaz de transportar um maior número de cilindros, portanto um maior volume de gás, caso fosse obtido uma redução do peso do cilindro.

**Figura 4.15 -Trailer com cilindros GNC**



**Fonte: Marlin Gás**

Um outro gargalo tecnológico importante se refere à tecnologia de transferência do gás natural dos cilindros para o ponto de entrega. Tradicionalmente, a transferência é realizada por diferença de pressão. Esta técnica encontra limites importantes quando a transferência ocorre para gasodutos de alta pressão ou pontos de estocagem em alta pressão, como sistemas de armazenamento dos postos de GNV. Neste caso, não é possível transferir todo o gás dos cilindros do caminhão. No ponto em que a pressão do ponto de recepção se iguala à do cilindro não há mais transferência. Neste caso, o caminhão é obrigado a retornar à base de carregamento com bastante gás residual nos cilindros. Este problema impõe uma restrição importante ao transporte do GNC a granel para atendimentos de postos de GNV.

### **3.7 Riscos e Tendências**

Para o transporte do GNC utilizam-se pequenos cilindros, similares aos fabricados para o armazenamento do gás natural veicular (GNV) e grandes cilindros utilizados no transporte de gases industriais. Devido ao rápido crescimento do número de veículos a GNV, o desenvolvimento tecnológico dos pequenos cilindros tem acontecido de forma mais expressiva do que o verificado nos grandes cilindros. Portanto no momento da escolha do tipo de cilindro para transporte de GNC, item crítico em relação ao peso e a capacidade de transporte de gás, deve-se atentar para esta tendência.

## 4. ASPECTOS OPERACIONAIS, LOGÍSTICOS E DE SEGURANÇA INDUSTRIAL

### 4.1 Gestão, Normas e Procedimentos operacionais

A operação de uma companhia de fornecimento de GNC deve estar suportada por um sistema de gestão, cujas normas e procedimentos operacionalizam as estratégias estabelecidas para o negócio. A concepção e a elaboração do sistema devem seguir requisitos tais como: alinhamento com cada uma das estratégias, prioridade, simplicidade, facilidade de compreensão, elaboração e implantação gradativa do topo para a base da organização e revisões e atualizações periódicas.

As operações mais freqüentes como carregamento, transporte e descarregamento de GNC devem ter procedimentos operacionais. As operações de maior risco para as pessoas, para as instalações e para os resultados do negócio, mesmo com baixa freqüência de realização, também devem ter procedimentos operacionais.

As portarias 243 e 281 da ANP regulamentam as atividades de uma companhia operadora de gás natural comprimido. O transporte de gás natural é regulamentado pelas portarias da ANP 01/1985, 137/1996 e 277/1991 que tratam de veículos e equipamentos para transporte de produtos perigosos.

A ABNT regulamenta a fabricação de cilindros para gases a alta pressão, através das normas:

- NBR 12790/1995 que fixa condições exigíveis para cilindros de aço sem costura para armazenagem e transporte;
- NBR 13973/1997 que fixa condições mínimas exigíveis para o projeto, fabricação e inspeção de cilindros em plástico reforçado para GNV;
- Projeto 09: 402.01 – 058 para estação de armazenagem e descompressão de GNC;
- Projeto NBR ISO 4705/2001 que especifica os requisitos mínimos para o projeto, a fabricação e os testes de cilindros para gases comprimidos a alta pressão, com capacidade de 1 a 150 litros;
- Projeto NBR ISO 11439/2001 que especifica requisitos mínimos para projeto e fabricação de cilindros leves para GNV.

Relativamente à fabricação de cilindros o INMETRO também emitiu a portaria 74/2001 que aprova os requisitos mínimos para a produção de cilindros leves para GNV, conforme ISO 11439. Para a certificação de cilindros o INMETRO emitiu:

- Portaria 198/2000 que estabelece que os cilindros de aço, sem costura e destinados ao armazenamento de GNV necessitam ser certificados no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação, demonstrando sua conformidade com a norma ISO 4702.
- Portaria 171/2002 que estabelece critérios para avaliação de conformidade de cilindros de GNV, demonstrando sua conformidade com a portaria 74/2001 (ISO 11439).

Para a certificação de cilindros a ABNT emitiu a norma 12274/1994 que fixa as condições mínimas exigíveis que um cilindro deve atender para ser considerado apto a voltar ao serviço. Para a certificação de empresas de re-qualificação de cilindros o INMETRO normatizou:

- Portaria 199/2000 que estabelece que as empresas de re-qualificação de cilindros para GNV necessitam ser certificadas no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação, devendo demonstrar competência na execução de serviços, em conformidade com a norma ABNT NBR 12274.
- Portaria 90/2001 que estabelece prazo até 30/11/2001 para o enquadramento de fabricantes, importadores e re-qualificadoras de cilindros atendam às exigências para certificação de seus produtos e serviços.

A atividade de GNC também deve atender às seguintes normas do Ministério do Trabalho e Emprego:

- NR 11 que trata do transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais;
- NR 13 que trata de caldeiras e vasos de pressão;
- NR 20 que trata de líquidos combustíveis e inflamáveis.

Para alcançar bons resultados operacionais uma operadora de GNC não deve permitir a realização de tarefas que adotem padrões operacionais inseguros ou inferiores. As improvisações, as deficiências na programação e no controle das operações dentre outras causas costumam provocar perdas materiais e acidentes.

#### **4.2 Aspectos de Segurança industrial, Meio ambiente e Saúde Ocupacional**

Em relação à segurança industrial, ao meio ambiente e a saúde ocupacional a portaria 243 da ANP, que regulamenta as atividades do fornecimento de GNC, estabelece as seguintes obrigações para o distribuidor de GNC:

- Elaborar manual de procedimentos para situações de emergência;
- Informar a respeito da nocividade, periculosidade e uso do produto ao usuário de GNC;
- Prestar informações para os consumidores sobre o produto comercializado;
- Obter Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) expedidas pelo órgão ambiental competente;
- Ser responsável pelos procedimentos de segurança nas operações de transferência de GNC, ficando obrigado a orientar os consumidores quanto às normas de segurança que devam ser obedecidas, em especial aquelas relacionadas com o correto posicionamento, desligamento, travamento e aterramento do veículo transportador;

- Comunicar imediatamente à ANP a ocorrência de qualquer evento decorrente do exercício das suas atividades que possa acarretar riscos à saúde pública, à segurança de terceiros e ao meio ambiente, indicando as causas de sua origem, bem como as medidas tomadas para sanar ou reduzir o seu impacto, de acordo com a legislação pertinente.

Os aspectos de segurança industrial, meio ambiente e saúde ocupacional devem fazer parte das estratégias do negócio de fornecimento de GNC. Devem ser incorporados em todas as etapas do empreendimento, tais como:

- Estudos de viabilidade técnica e econômica;
- Seleção e qualificação das pessoas responsáveis pela operação da empresa;
- Contratação de serviços de terceiros para projeto, construção, montagem, compressão de gás, transporte de gás, manutenção, inspeção e certificação;
- Concepção das instalações de carregamento e descarregamento;
- Concepção dos veículos para transporte;
- Escolha dos materiais e equipamentos;
- Construção e montagem das instalações;
- Condicionamento, partida e operação assistida do sistema;
- Durante a operação do dia-a-dia da empresa;
- Nas atividades desenvolvidas em conjunto com os clientes.

As organizações que alcançam a excelência nas suas operações praticam a disciplina operacional, que se traduz na identificação e no controle rigoroso das atividades de maior risco para as pessoas, as instalações e os resultados do negócio.

Algumas práticas que fazem parte da maioria dos sistemas de segurança, saúde e meio ambiente são listadas a seguir:

- Participação da gerência e da supervisão na seleção, no treinamento e na qualificação das pessoas;
- Inspeções operacionais periódicas efetuadas pela gerência e pela supervisão;
- Registro e tratamento das não conformidades;
- Modificações nas instalações só podem ser implementadas após a aprovação da gerência;
- Mudanças em procedimentos operacionais seguros só podem ser efetivados, com a aprovação da supervisão ou da gerência;
- As mudanças de pessoas entre os postos de trabalho são controladas pela gerência, de modo a se garantir a qualificação mínima requerida para a realização das tarefas inerentes a cada novo local de trabalho;

- Tarefas pouco freqüentes e com alto risco, como paradas e retornos de sistemas para manutenção geral, devem ter a participação da supervisão e da gerência, tanto na programação como no controle da execução;
- A repetição de uma não conformidade que se torna crônica é comunicada ao nível gerencial superior, sucessivamente, até que a mesma seja eliminada;
- Realização de simulados de situações de emergência, onde são testados o plano de contingência e a capacidade de resposta da organização;
- Investigação de acidentes e de incidentes com alto potencial de risco;
- As lições identificadas com os acidentes e incidentes são utilizadas para a melhoria das operações da empresa.

### 4.3 Inspeção

A portaria 243 da ANP estabelece que o distribuidor de GNC contratará inspeções periódicas anuais com firmas credenciadas pelo INMETRO, para os equipamentos por ele instalado e operado, conforme métodos e prazos estabelecidos nas normas pertinentes ou normas internacionalmente aceitas.

Os cilindros para transporte e armazenamento de GNC são certificados a cada cinco anos, conforme norma ABNT 12274/1994, citada no item 5.1.

Devido às pressões elevadas de um sistema de GNC, as inspeções dos equipamentos e instalações são importantes para evitar acidentes e perdas operacionais. Mesmo um pequeno vazamento de gás pode provocar a perda de um componente ou um acidente. As pessoas envolvidas na operação do sistema de GNC - pessoal próprio, pessoal das empresas contratadas e clientes de GNC - devem ser treinadas para participar da detecção e registro de anomalias.

A inspeção de equipamentos como vasos de pressão e válvulas de segurança de pressão, PSV, é regulamentada pela norma NR 13 do Ministério do Trabalho e Emprego, citada no item 5.1, inclusive em relação ao Profissional Habilitado que é o responsável por tarefas como dimensionamento e modificações nestes equipamentos.

### 4.4 Manutenção

A portaria 243 da ANP estabelece que a pessoa jurídica autorizada a operar unidades de compressão e distribuição de GNC manterá atualizado o plano de manutenção das instalações e o sistema de garantia de qualidade, visando à operação segura de suas instalações, que poderão ser fiscalizadas a qualquer tempo pela ANP. Estabelece também que a pessoa jurídica autorizada a operar unidades de compressão e distribuição de GNC manterá os registros das manutenções periódicas em suas instalações.

Na aquisição dos equipamentos e materiais, devem ser considerados os custos de investimento, de operação e de manutenção, bem como a disponibilidade operacional dos equipamentos e sistemas.

Na concepção dos sistemas de GNC, objetiva-se sempre que possível a padronização dos equipamentos e materiais. Esta prática facilita o treinamento das pessoas para operar e manter os sistemas, reduz o estoque de sobressalentes e pode proporcionar ganhos de escala na aquisição. Exemplos: cilindros, compressores e sistemas de redução de pressão.

Na concepção dos sistemas observar a sua modularização de maneira a facilitar a dinâmica do atendimento do mercado de GNC, com as movimentações dos sistemas em função da construção de ramais de gasodutos.

#### **4.5 Logística**

A composição de um sistema de fornecimento de GNC, com um ponto de carregamento, equipamentos de armazenamento e transporte e pontos de descarregamento de gás, explicita várias operações de logística.

Os aspectos de logística devem ser considerados nas várias etapas do empreendimento, desde a sua concepção até a operação. Levantam-se a seguir alguns pontos importantes:

- Na escolha do tipo e material dos cilindros, pelas implicações no peso-morto e na carga de gás;
- Na definição do ponto de carregamento verificar a facilidade de acesso as vias para transporte do GNC até os clientes;
- Melhoria das rotas de atendimento aos clientes;
- Aproveitamento dos equipamentos de transporte e armazenamento de GNC, como carretas, reboques, módulos transportáveis e fixos;
- Aproveitamento da frota de cavalos-mecânico;
- Contratação do serviço de transporte.

#### **4.6 Competências**

Para atuar no mercado de gás natural comprimido, uma empresa precisa deter as seguintes competências:

- Conhecimento do mercado de gás natural e dos demais energéticos que concorrem com o mesmo;
- Prospecção de mercados para o GNC;
- Estabelecimento de estratégias que orientem as ações das atividades da empresa;
- Vendas, através da conquista de novos consumidores entre os usuários de outros energéticos como GLP, gasolina e diesel;
- Parcerias com as companhias distribuidoras de gás canalizado, criando novos mercados para o gás com o uso do GNC;
- Atendimento a clientes;
- Gerenciamento de projetos;
- Operação e manutenção de sistemas de gás natural;

- Logística;
- Aquisição de bens e serviços;
- Suporte comercial, financeiro e jurídico.

#### **4.7 Capacitação profissional**

A política de capacitação de uma empresa deve ser estabelecida para atender as estratégias do negócio. A capacitação profissional deve fornecer aos empregados as características que distinguem a empresa dos seus concorrentes, contribuindo desta maneira para o posicionamento da empresa no mercado.

A capacitação profissional é um processo. Cumprida a etapa inicial de qualificação, que permite o início do trabalho, compete ao empregado e a empresa assumir esta responsabilidade. O treinamento no local de trabalho, sempre que aplicável, deve ser empregado.

A elaboração e as revisões dos procedimentos operacionais e administrativos contribuem diretamente para a capacitação das pessoas que os utilizam. Utilizar as inspeções operacionais periódicas da gerência e da supervisão, como parte do processo de capacitação.

### **5. ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO NEGÓCIO**

O objetivo deste capítulo é analisar a viabilidade financeira econômica do negócio GNC, considerando-se três cenários distintos, de acordo com o porte do projeto. Os sistemas de GNC mostram-se atrativos e complementam as demandas que ainda não são supridas pelas malhas de gasodutos, ou que foram interrompidas para manutenção da rede. Foram selecionados três cenários comuns em projetos desta natureza, para análise de sensibilidade do negócio.

No Cenário I, é apresentado um projeto de pequeno porte, com capacidade de entrega de 2.000 m<sup>3</sup>/dia a um cliente, distante 30 km do ponto de abastecimento. No Cenário II o projeto conta com uma capacidade de abastecimento de 12.000 m<sup>3</sup>/dia, para dois clientes a uma distância de 70 km e no Cenário III, é concebido um projeto com vendas de 48.000 m<sup>3</sup>/dia, para quatro consumidores distantes 100 km. São levantados custos típicos de investimentos, as receitas esperadas, os custos operacionais (administrativos, logísticos e tributários) e os principais indicadores econômicos, como taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno do investimento ou *Payback*.

#### **5.1 Premissas básicas**

As principais premissas adotadas para a análise econômica do mercado de GNC estão listadas a seguir.

*Preço do Gás Natural:* A regulação da distribuição do gás natural canalizado no Brasil é de competência das agências reguladoras estaduais, conforme mostra a Figura 6.1. Os preços por segmento são estabelecidos pelas companhias distribuidoras, atendendo ao estabelecido por estas agências. Estas

políticas normalmente apresentam preços unitários decrescentes, em cascata, à medida que se aumenta o volume consumido.

As demais premissas básicas estão mostradas no quadro seguinte.

**Tabela 14 – Premissas Básicas adotadas para a Análise Econômica do Mercado de GNC**

Variáveis	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Capacidade de suprimento (mil m3/dia)	2	12	48
<b>Premissas básicas</b>			
Taxa de conversão do Dólar (R\$ / US\$)	2,2	2,2	2,2
Distância entre o U.de Compressão e o consumidor (km)	30	70	100
Segmento	Industrial	Industrial	Industrial
Preço de compra do gás natural com ICMS (R\$/m3)	1,032843	0,72809	0,692238
Número de consumidores	1	2	4
Capacidade de transporte da carreta de GNC (m3)	6000	6000	6000
Tempo de cada viagem ida e volta (h)	2	3	4
Tempo de carregamento (h)	7,5	15	20
Número de carretas	2	4	12
Sistema da carreta	Convencional	Convencioanal	Convencional
Número de cavalos mecânicos	(Alugado)	(Alugado)	(Alugado)
Viagens por mês	10	60	240
Pressão na rede (bar)	7	7	20
Unidades de compressão	Usa cap. ociosa	Usa cap. ociosa	3

Fonte: Elaboração Própria

**Figura 17 – Agências Reguladoras Estaduais**



Fonte: ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação



No caso da Distribuidora COMGÁS, os preços vigentes em julho de 2006 para o segmento Gás Natural Comprimido são:

**Tabela 15 – Premissas Básicas adotadas para a Análise Econômica do Mercado**

<b>Segmento Gás Natural para Fins de Gás Natural Comprimido - GNC</b>			
		Valores sem ICMS	Valores com ICMS
Classe	Volume (m <sup>3</sup> /mês)	Variável - R\$/mês	Variável - R\$/mês
1	0 a 5.000	1,484302	1,686707
2	5.000 a 50.000	0,908902	1,032843
3	50.000 a 100.000	0,693305	0,787847
4	100.000 a 300.000	0,672271	0,763944
5	300.000 a 500.000	0,640719	0,728090
6	Acima de 500.000	0,609169	0,692238

**Fonte: COMGÁS**

- *Taxa Mínima de Atratividade:* 12% ao ano;
- *Vida útil dos equipamentos:* Normalmente de 15 a 20 anos;
- *Período de depreciação:* 10 anos;
- *Capacidade de cada carreta:* 6.000 m<sup>3</sup>;
- *Pressão de armazenamento:* 220 bar;
- *Capacidade de compressão por Unidade típica:* 800 m<sup>3</sup>/h;
- *Distância entre a Unidade de carregamento e o Consumidor:* Varia de 30 a 150 km. Para os Cenários I, II e III, foram adotadas as distâncias médias de 30 km, 70 km e 100 km, respectivamente. A distância é um fator estratégico para viabilizar o negócio. Distâncias superiores a 150 km tendem a tornar os projetos pouco atrativos economicamente, devida à necessidade crescente de equipamentos de transporte.

## 5.2 Investimentos

Normalmente, um projeto típico de gás natural comprimido, consiste na construção de estação de carregamento ou abastecimento, das carretas especiais de transporte de GNC e de um ponto de recebimento deste energético. Para as três situações analisadas, os investimentos pertinentes são:

**Tabela 6.3 – Investimentos de projetos típicos de GNC**

<b>Investimentos (R\$)</b>	<b>Cenário I</b>	<b>Cenário II</b>	<b>Cenário III</b>
Carretas	704.000,00	1.408.000,00	4.224.000,00
Unidade de Compressão	0,00	0,00	1.440.000,00
Obras civis	0,00	0,00	264.000,00
<b>Totais:</b>	<b>704.000,00</b>	<b>1.408.000,00</b>	<b>5.928.000,00</b>

**Fonte: Valores obtidos através de entrevistas com fornecedores**

Para concessão de autorização para comercializar GNC, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) exige, dentre outras, as seguintes barreiras das empresas interessadas:

- Capital Social acima de R\$ 1.000.000,00;
- Projeto básico completo das instalações;
- Licenças de instalação e de operação expedidas pelo Órgão ambiental;
- Comprovação de capacidade de transporte mínima de 10.000 m<sup>3</sup> de gás natural comprimido;
- Contratar inspeções periódicas anuais com firmas credenciadas;
- Informar à ANP o início e o término das atividades e
- Prestar informações para o consumidor sobre o produto comercializado.

### **5.3 Receitas operacionais**

As receitas operacionais nos três cenários analisados dependem das políticas de preços adotadas pelas Distribuidoras de Gás Canalizado e dos volumes comercializados. Para cada cenário, foram estabelecidas três alternativas para análise de sensibilidade do preço de venda: R\$ 1,10; R\$ 1,30 e R\$ 1,50 por m<sup>3</sup>.

### **5.4 Custos operacionais**

Os custos operacionais do GNC dependem basicamente da política de preços das Distribuidoras Estaduais de Gás Natural Canalizado, dos tributos incidentes e da forma de operar os diversos subsistemas. São custos operacionais típicos de uma instalação de GNC: pessoal, manutenção, inspeção, logística, transporte, materiais de consumo, energia elétrica, combustíveis, lubrificantes e segurança industrial.

### **5.5 Resultados e principais indicadores: VPL e TIR**

O principal atrativo para aumento da competitividade deste tipo de tecnologia é o diferencial de preços de compra na distribuidora e venda ao consumidor. Este diferencial deve ser suficiente para remunerar os custos operacionais, a amortização dos investimentos e propiciar uma margem justa para o distribuidor de GNC. A atratividade também aumenta com o tipo do energético substituído. Quanto maior o preço, melhores condições de atratividade terão os projetos de GNC.

Para cada cenário, foram analisados três valores para o preço do gás vendido: R\$ 1,10; R\$ 1,30 e R\$ 1,50 por cada metro cúbico. Para estas três condições, foram calculados os seguintes parâmetros: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno (*Payback*) dos investimentos (TR).

**Tabela 6.3 – Resumo do Resultado de Cenários de Transporte via GNC**

Cenário (Valor de compra do gás natural)*	Preço de venda do gás (R\$ / m <sup>3</sup> )	Investimentos (R\$ mil)	VPL (R\$ mil)	TIR (%)	Tempo de Retorno (anos)
Cenário I Gás a R\$ 1,03/m <sup>3</sup>	1,10	704,0	-276,0	3,6%	-
	1,30		438,0	23,0%	4
	1,50		1154,0	41,0%	3
Cenário II Gás a R\$ 0,73/m <sup>3</sup>	1,10	1408,0	962,0	24,5%	4
	1,30		3109,0	52%	2
	1,50		5255,0	80%	2
Cenário III Gás a R\$ 0,69/m <sup>3</sup>	1,10	5928,0	-3808,0	-4,88%	-
	1,30		4777,0	43,35%	4
	1,50		13363,0	88,49%	2

\* Estimativas médias de acordo com o mercado

Da análise dos resultados obtidos com as simulações, verifica-se que o sistema de GNC é competitivo para os três sistemas estudados, a partir de R\$ 1,30 por m<sup>3</sup>. Para preço de venda de R\$ 1,10 por m<sup>3</sup>, só é viável o caso de médio porte.

### 5.6 Riscos e incertezas

O transporte de GNC a granel não concorre com o transporte de gás por dutos, ao contrário, complementa-o. Ou seja, o GNC é uma forma de viabilizar o mercado enquanto a rede de dutos não se viabiliza. Uma vez que as Distribuidoras implantem novas malhas de distribuição, os sistemas de GNC são deslocados para atender outros consumidores, ainda não interligados à rede. Por conseguinte, trata-se de negócio com mercado dinâmico e em constante transformação. À medida que as Distribuidoras vão expandindo a rede de distribuição do gás natural canalizado, as Distribuidoras de GNC precisam deslocar o fornecimento de gás para novos consumidores, novamente abrindo mercado e atendendo às expectativas destes clientes. As principais incertezas econômicas e financeiras inerentes aos projetos de GNC são:

- Alterações nos contratos de importação do gás natural boliviano;
- Mudanças na política de preços do gás brasileiro, para se adequar às possíveis mudanças no item anterior;
- Alteração na política cambial;
- Possibilidade de mudanças na legislação tributária, principalmente no ICMS;
- Possibilidade de mudanças nas políticas energéticas. O negócio GNC deve ser entendido como parte integrante destas políticas. Alterações significativas na geração hidráulica, por exemplo, podem influenciar noutras formas de energia, inclusive nas políticas de comercialização do gás natural.

Entretanto, as tendências de expansão do gás natural na matriz energética, com investimentos significativos na exploração e produção, bem como na rede de distribuição, propiciam uma estabilidade maior para o mercado atual e futuro do gás natural.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Das diversas análises empreendidas, de mercado, operacional, tecnológica e econômico-financeira, as principais conclusões e recomendações estão resumidas a seguir:

- A meta estratégica estabelecida para aumento do gás natural na matriz energética tem propiciado o desenvolvimento em ritmo acelerado da indústria do gás natural no Brasil, estimulando a implantação de projetos diversos em toda a sua cadeia produtiva.
- A intensificação do esforço exploratório da Petrobras vai permitir uma expansão significativa na produção nos próximos anos. Só na Bacia de Santos, por exemplo, é esperada uma produção adicional de 15 milhões de metros cúbicos de gás natural por dia e 20 mil barris diários de condensado de gás natural, após três anos de operação.
- As reservas e a produção de gás natural têm crescido de forma consistente, o que sinaliza com um desenvolvimento sólido e sustentável para os diversos segmentos da indústria do gás natural.
- As importações de gás natural por tubulações devem se estabilizar no atual patamar. Novos modais estão sendo implantados para complementar as demandas crescentes, inclusive com utilização de Gás Natural Liquefeito (GNL).
- O mercado brasileiro de gás natural se apresenta em expansão, com a presença de Distribuidoras de gás canalizado em quase todos os estados da federação. Constata-se uma ampliação significativa das malhas de transporte e distribuição e a frota de veículos convertidos para GNV está em franca expansão. Ocorrem ainda implantação de diversos projetos de geração e cogeração de energia e aumento do consumo nos segmentos industrial, comercial e residencial. As empresas revendedoras de GNC devem dispensar esforços para divulgar as vantagens técnicas e econômicas às empresas potenciais consumidoras deste energético.
- Os potenciais consumidores de GNC se concentram em três importantes setores industriais: fabricação de produtos alimentícios e bebidas (35%); preparação de couros e fabricação de artefatos, artigos de viagens e calçados (21%) e fabricação de artigos de borracha e plástico (11%). 90% das empresas pesquisadas estão dispostas a adotar o gás natural como energético. Deste total, 45,6% podem substituir mais de 50% do seu consumo energético. As empresas de tamanho médio são as que estão mais propensas a substituir maior parcela do consumo atual de energia. É importante incentivar as empresas de pequeno porte para realizar estudos de diagnósticos energéticos, com o propósito de usar o gás natural nos seus processos produtivos.
- Os principais nichos de mercado para aplicação desta tecnologia são: atendimento a consumidores cujo suprimento através de dutos foi interrompido por algum motivo operacional ou de segurança; atendimento de demanda de pico; atendimento de plantas industriais que já investiram em equipamentos a gás natural e que aguardam a chegada do gasoduto

de comercialização; fornecimento de gás para testes ou certificações de gasodutos e atendimento de pequenas comunidades não atendidas por gasodutos.

- O peso dos cilindros para transporte de GNC constitui-se um gargalo para a evolução dessa tecnologia. Para poder transportar uma maior quantidade de gás, é necessário desenvolver cilindros de menor peso. Devido ao crescimento do número de veículos que utilizam GNV no país, o desenvolvimento tecnológico dos pequenos cilindros tem acontecido de forma mais expressiva do que o verificado nos grandes cilindros. Portanto no momento da escolha do tipo de cilindro para transporte de GNC, item crítico em relação ao peso e a capacidade de transporte de gás, deve-se atentar para esta constatação.
- Os aspectos operacionais, logísticos, de segurança industrial e meio ambiente devem ser criteriosamente contemplados na formatação do negócio de GNC, com atenção especial para a legislação aplicável, licenciamento ambiental e normas e procedimentos.
- Foi analisada a viabilidade econômica de três projetos típicos de GNC: pequeno porte com capacidade de entrega de 2000 m<sup>3</sup>/dia; médio porte com capacidade de 12000 m<sup>3</sup>/dia e grande porte com vendas de 48000 m<sup>3</sup>/dia, com distâncias correspondentes de 30 km; 70 km e 100 km. As principais conclusões econômico-financeiras estão mostradas a seguir para três níveis de preços de venda do GNC por m<sup>3</sup> - R\$ 1,10; R\$ 1,30 e R\$ 1,50:
  - Para o projeto de pequeno porte, há viabilidade do projeto quando a venda do GNC se realiza com valores acima de R\$ 1,30 por m<sup>3</sup>.
  - Para o projeto de médio porte, valores de venda do gás igual ou maior que R\$ 1,10 viabilizam o projeto, devido basicamente aos ganhos com vendas maiores e uso compartilhado da capacidade ociosa de compressão.
  - Para o projeto de maior porte, há viabilidade com preços de venda igual ou superior a R\$ 1,30 por m<sup>3</sup>.
- Os fatores que propiciam uma maior viabilidade de projeto desta natureza são: a) projetos onde o GNC substitui derivados mais nobres, tipo GLP, diesel e gasolina, apresentam indicadores mais favoráveis; b) a distância entre os pontos de carregamento e o local de entrega do GNC é recomendável que não ultrapasse 150 km; e c) Uso da capacidade ociosa de compressão.

**REFERÊNCIAS**

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12790: Cilindro de aço especificado, sem costura, para armazenagem e transporte de gases a alta pressão. Rio de Janeiro, Março de 1995.
2. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Derivados. Disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acessado em julho de 2006.
3. Agibras. Disponível em <http://www.agibras.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
4. Aspro. Disponível em <http://www.aspro.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
5. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (ABEGÁS). Disponível em <http://www.abegas.org.br>. Acessado em julho de 2006.
6. Camacho, F. T. Regulação na indústria de gás natural no Brasil. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2005.
7. Centro de Tecnologias do Gás. Disponível em <http://www.ctgas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
8. COMGÁS. Tarifas do gás natural canalizado. Disponível em <http://www.comgas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
9. Compac made to measure. Disponível em <http://www.compac.co.nz/>. Acessado em julho de 2006.
10. Costa, H. H. L. M. Nova regulamentação da atividade de distribuição de gás natural comprimido a granel. Rio Oil & Gas, 04 de outubro de 2004.
11. Fuel Maker. Disponível em <http://www.fuelmaker.com/>. Acessado em julho de 2006.
12. Galileo. Disponível em <http://www.galileoar.com/>. Acessado em julho de 2006.
13. Gasnet – Website sobre gás natural. Disponível em <http://www.gasnet.com.br>. Acessado em julho de 2006.
14. Igás. Disponível em <http://www.igas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
15. Instituto Brasileiro de Petróleo. Disponível em <http://www.ibp.org.br>. Acessado em julho de 2006.
16. Junqueira compressores e máquinas LTDA. Disponível em <http://www.gnvcompressores.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
17. Knox Stern. Disponível em <http://www.knox-western.com/>. Acessado em julho de 2006.
18. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2006 – Resultados Preliminares ano base 2005. Rio de Janeiro, maio de 2006.

19. Movitec Compressores. Disponível em <http://www.moviteccompressores.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
20. Neogás. Disponível em <http://www.neogas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
21. Oliveira, D. P. R. Manual de avaliação de empresas e negócios. Editora Atlas. São Paulo, 2004.
22. Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras. Plano de Negócios 2007-2011. Disponível em <http://www.petrobras.com.br>. Acessado em julho de 2006.
23. Rodrigues, Bruno. Gasoduto virtual: Uma alternativa para expansão do uso do gás natural. Universidade Paulista – UNIP: Trabalho de Conclusão de Curso. São José do Rio Preto, 2004.
24. Ullit. Disponível em <http://www.ullit.com>. Acessado em julho de 2006.
25. White Martins. Informações sobre sistemas de GNC. Disponível em <http://www.whitemartins.com.br>. Acessado em julho de 2006.

**ANEXO**  
**RELATÓRIO FINAL DE CURSO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS - CTGÁS**

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE REDES DE  
TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL**

**GASODUTOS MÓVEIS (GNC E GNL) – TECNOLOGIA,  
VIABILIDADE FINANCEIRA E LEVANTAMENTO DE MERCADO**

**GERAÇÃO DISTRIBUIDA A GÁS NATURAL**

**Rossana Bezerra de Azevedo Vasconcelos Seabra de Melo**  
**Orientador: Dr. Eduardo Lins de Barros Neto**

**NATAL**  
**Julho/2007**

Relatório apresentado ao Curso de Engenharia  
Química da UFRN, em cumprimento às  
exigências para obtenção da conclusão do  
Curso de Engenharia Química

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Orientador: Dr. Eduardo Lins de Barros Neto

**NATAL**  
**JULHO/2007**

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO - CTGÁS**

Este trabalho foi julgado adequado à obtenção da conclusão do Curso de Engenharia Química e aprovado em sua forma final pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Natal, 20 de julho de 2007.

---

Prof. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. Afonso Avelino Dantas  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. José Romualdo Dantas Vidal  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

## AGRADECIMENTOS

*Ao CTGÁS, pela compreensão da importância da formação de seus profissionais, concedendo flexibilidade no horário de trabalho durante quatro anos, de forma a permitir assistir as aulas do Curso de Engenharia Química e conseqüente obtenção do tão sonhado título de Engenheira.*

*Tenho também a agradecer:*

- A minha família pelo apoio dado em todos os momentos;*
- Ao Prof. Eduardo pela paciência, incentivo e ensinamentos transmitidos, desde o início do curso;*
- Aos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO CUSTO AOLONGO DA DISTÂNCIA PARA DISTRIBUIÇÃO DE GNC.....	11
FIGURA 2 - EXEMPLO DE GEORREFERENCIAMENTO.....	12
FIGURA 3 - EXEMPLO DE UMA SIMULAÇÃO DE TRECHO DE MALHA DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL.....	12
FIGURA 4 - CAMINHÃO GNC SUPERJUMBO MARLIN GAS .....	19
FIGURA 5 - SISTEMA DE COMPRESSÃO DE GN DA NEOGAS.....	19
FIGURA 6 - MÓDULO DE ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE (MAT) DE GNC .....	20
FIGURA 7 - CAMINHÃO DE TRANSPORTE DE GNC DA GALILEU .....	20
FIGURA 8 - POSTO GALILEO .....	20
FIGURA 9 - TRAILER FIBA .....	20
FIGURA 10 - ESQUEMA DA PLANTA TIPO LET-DOWN.....	21
FIGURA 11 - PLANTA COM TECNOLOGIA DA GAZPROM DE NIKOLSKAYA.....	22
FIGURA 12 - CAMINHÃO TANQUE DE GNL.....	22
FIGURA 13 - CAMINHÃO TANQUE DE GNL – NEXGENFUELING INC. ....	22
FIGURA 14 - COMPARATIVO CONCEITUAL ENTRE, GNC, GASODUTO E GNL.....	29
FIGURA 15 - EXEMPLO DE MAPA GEORREFERENCIADO – MALHA DE GASODUTOS DO BRASIL.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COMBUSTÍVEIS .....	28
TABELA 2 - RESUMO DO RESULTADO DE CENÁRIOS DE TRANSPORTE VIA GNC.....	31

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. HISTÓRICO DA EMPRESA .....</b>	<b>10</b>
2.1 O CTGÁS.....	10
2.1.1 Unidade de negócios de pesquisa aplicada - UNPA.....	10
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 PROJETO BÁSICO DE GASODUTOS DA COPERGÁS .....	14
3.2 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MERCADOS POTENCIAIS PARA O GÁS NATURAL.....	17
3.2.1 Levantamento do estado-da-arte das tecnologias de transporte GNC e GNL.....	18
3.2.2 Estudo de viabilidade técnica e econômica para situações usuais de ambas as tecnologias.....	23
3.2.3 Mapeamento de regiões que não possuem rede de distribuição de gás natural .....	23
3.2.4 Análise de possíveis consumidores de gás natural no sentido de se verificar a viabilidade na implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL.....	23
3.2.5 Seleção de amostra de empresas a serem pesquisadas no sentido de se verificar a potencial implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL.....	23
3.2.6 Apresentação os resultados da pesquisa de campo .....	24
3.2.7 Apresentação da interpretação dos resultados da pesquisa de campo e a percepção e depoimentos dos colaboradores que atuaram na pesquisa de campo.....	24
3.3 AVALIAR A INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL NO BRASIL, CONSIDERANDO, ANO A ANO, AS DEMANDAS E OFERTAS LOCALIZADAS .....	24
3.4 AVALIAÇÃO MERCADOLÓGICA DO NEGÓCIO DE DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).....	25
3.4.1 O Mercado de Gás Natural no Brasil.....	26
3.4.2 Tecnologias Aplicadas ao Gás Natural Comprimido.....	29
3.4.3 Aspectos Operacionais, Logísticos e de Segurança.....	30
3.4.4 Análise Econômico-Financeira do Negócio .....	31
3.4.5 Riscos e Incertezas.....	31
3.5 PROJETO GERADIS - GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE GÁS NATURAL .....	32
<b>4. ATIVIDADES REALIZADAS.....</b>	<b>34</b>
<b>5. CAPACITAÇÃO ADQUIRIDA .....</b>	<b>35</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS:.....</b>	<b>41</b>

## RESUMO

A realização do estágio no Curso de Engenharia Química - UFRN para cumprimento da disciplina DEQ330 – Estágio Supervisionado é obrigatória a todos os graduandos deste curso. Contém oito créditos e conta com a carga horária mínima de (trezentos e sessenta) horas.

O objetivo principal desta obrigatoriedade é promover uma integração maior Universidade-Empresa visando consolidar os conhecimentos teórico-práticos adquiridos ao longo do curso bem como proporcionar ao aluno uma oportunidade de reforçar sua capacidade de análise e bom senso na interpretação e avaliação de dados técnicos, sua responsabilidade e maturidade para tomar decisões, quando necessário.

A empresa selecionada para o Estágio Supervisionado do Curso de Engenharia Química foi o CTGÁS – Centro de Tecnologias do Gás. A estagiária atuou em diferentes projetos e processos no CTGÁS, mais especificamente na UNPA – Unidade de Pesquisa Aplicada e Transferência de Tecnologias.

O Relatório aqui apresentado busca, de uma maneira sucinta, descrever a aplicação de conhecimentos multidisciplinares aprendidos durante toda graduação e período de trabalho no CTGÁS o que proporcionou ao aluno um amadurecimento e fixação de conhecimentos. Busca ainda descrever os projetos e atividades desenvolvidas onde dentre eles, destacam-se:

- Projeto Básico de Gasodutos da COPERGÁS (Companhia Pernambucana do Gás)
- Projeto intitulado por: “Identificação e Avaliação de Mercados Potenciais para o Gás Natural”, que contempla estudos para interiorização da utilização do gás natural através de Gasodutos Virtuais (GNC e GNL).
- Serviço que seria realizado para EPE – Empresa de Planejamento Energético, intitulado por: “Avaliar a infra-estrutura de transporte de gás natural no Brasil, considerando, ano a ano, as demandas e ofertas localizadas”
- Estudos a respeito do negócio de distribuição do gás natural comprimido (GNC) em atendimento à demanda de informações vindas de empresas que têm interesse em entrar no ramo de distribuição de gás natural a fim de demonstrar a viabilidade de implantação.
- Projeto denominado de GERADIS – Geração Distribuída a Gás Natural – que consiste na avaliação de mercado potencial de gás natural por meio de geração distribuída nos segmentos industrial, comercial e público nos estados brasileiros por onde passam a malha de gasodutos.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda do uso de gás natural (GN) nas diversas regiões do Brasil deve-se à criação de vários centros consumidores para o setor automotivo e Industrial, por se apresentar como uma das melhores alternativas energéticas atualmente.

A conseqüente expansão da indústria do gás natural tem propiciado o desenvolvimento tecnológico de novos métodos e técnicas de abordagens para aplicação em toda a cadeia produtiva deste energético.

As empresas distribuidoras de gás responsáveis pela distribuição nos estados, buscam atender a essa demanda através da ampliação das suas malhas de gás de forma rápida e eficiente. No entanto, atualmente elas apresentam uma estrutura operacional bastante reduzida, não possuindo pessoal capacitado em várias áreas, fazendo uso de serviços de consultoria prestado por universidades, centros de pesquisa e tecnologias e firmas de consultoria. Assim sendo, serviços como simulação do escoamento de malhas de dutos são geralmente terceirizados. O CTGÁS tem prestado serviços às Companhias Distribuidoras de Gás nesta área.

Órgãos governamentais responsáveis pelo Planejamento Energético do País, vêm demonstrando reconhecimento pela importância de modelagem e simulações da rede de transporte como ferramenta para tomada de decisões estratégicas para o desenvolvimento de nosso país.

Um exemplo deste fato é que em fevereiro de 2006, o Ministério de Minas e Energia (MME) colocou a disposição do público, o “Manual de Instruções para Enquadramento de Projetos de Transporte Dutoviário de Gás Natural” que referencia o uso de recursos da CDE (Conta de Desenvolvimento Energético) na cobertura de custos das Instalações de Transporte de gás natural. Dentre às exigências para habilitações de credenciamento de projetos de ampliação de malha de transporte de gás natural, cita-se o projeto termo-hidráulico do gasoduto, contendo dados básicos da rede, tais como: traçado do duto, pontos de suprimento e retirada do gás (“city-gates”), diâmetros, pressões e vazões de cada trecho, obtidos de simuladores nacionalmente conhecidos.

Nesta linha, destaca-se o serviço solicitado pela EPE (Empresa de Planejamento Energético), intitulado por: “Avaliar a infra-estrutura de transporte de gás natural no Brasil, considerando, ano a ano, as demandas e ofertas localizadas” que consiste em elaborar um mapeamento dos gasodutos de transporte, estações de compressão e city-gates, com a indicação localizada das vazões de oferta (entrada) e demanda (saída) de gás nos respectivos city-gates, ano a ano, até 2015, indicando os gargalos demonstrados através do software de simulação de escoamento de gás. O projeto foi todo estruturado, mas infelizmente não foi possível sua execução pelo CTGÁS por ter participado do processo Licitatório e perdido devido ao valor solicitado pelo serviço.

Para atender a crescente demanda por GN, a malha de transporte e distribuição está se expandindo. Entretanto, este crescimento requer elevados custos e investimentos. A escassez na aplicação de recursos e a falta de um mercado maduro de gás natural retardam a construção de novos gasodutos. Uma alternativa a esta situação é a distribuição de gás natural a granel, conhecida como “Gasoduto Móvel”. Estas atividades estão regulamentadas nas portarias ANP 243 e 118<sup>1</sup> para distribuição a granel de Gás Natural Comprimido - GNC e Gás Natural Liquefeito - GNL respectivamente.

---

<sup>1</sup> Portaria ANP N° 243, de 18.10.2000 – DOU 19.10.2000 – republicada DOU 7.11.2003 e Portaria N° 118, de 11.7.2000 - DOU 12.7.2000



O CTGÁS têm identificado empresas interessadas em entrar no negócio de distribuição de gás natural a granel que buscam no Centro estudos que lhes dêem subsídios para tomada de decisão relativa ao posicionamento neste tipo de Negócio.

O MME (Ministério de Minas e Energia) solicitou ao CTGÁS, estudos que contemplem o Estado da Arte, Viabilidade Econômica e Levantamento de Mercado Potencial, a nível nacional, para utilização destas tecnologias, demonstrando assim o interesse na disseminação de transporte a granel de GN no país.

Como se pode observar, o mercado necessita de suporte para tomar decisões estratégicas a fim de iniciar novos empreendimentos nesta área. O governo está incentivando a crescente demanda de gás natural em todo país, e para concretização deste intento, é necessário diferentes estudos na área de Transporte e Distribuição de Gás Natural.

A Finep e a Petrobras estão financiando um projeto denominado GERADIS - Geração Distribuída a Gás Natural<sup>2</sup> que tem como principal objetivo o desenvolvimento de um programa computacional para avaliação de mercado potencial de gás natural por meio de geração distribuída nos segmentos industrial, comercial e público nos estados brasileiros por onde passam a malha de gasodutos. A ferramenta de simulação flexível e amigável, permitirá identificar as alternativas de configurações de planta de geração distribuída para empresas de diferentes portes e atividades econômica.

O projeto visa ainda à demonstração da localização geográfica das empresas pesquisadas e a caracterização do perfil destas empresas em mapas a fim de demonstrar o comportamento da indústria em diferentes regiões do Brasil e permitir que o governo por meio da FINEP e/ou PETROBRAS visualizem as principais características das indústrias quanto a potencialidade em utilizar gás natural na geração distribuída destacando os diferentes segmentos industriais pesquisados nas regiões até 100 km dos gasodutos de transporte.

Em todos os projetos e serviços acima citados, observa-se grande satisfação por parte de nossos clientes em obter resultados de estudos demonstrados em mapas através de georreferenciamento, cores ou gráficos, caracterizando uma tendência em se remeter respostas aos clientes com auxílio de mapas.

O relatório aqui apresentado visa descrever as atividades realizadas, as capacitações adquiridas e demonstrar sucintamente a fundamentação teórica a respeito dos principais projetos e serviços em que houve participação da formanda.

---

<sup>2</sup> Geração de energia elétrica junto ou próximo do consumidor de forma competitiva (co-geração)

## **2. HISTÓRICO DA EMPRESA**

### **2.1 O CTGÁS**

O Centro de Tecnologias do Gás – CTGÁS é um consórcio firmado entre SENAI e Petrobrás e tem por objetivo cumprir um papel decisivo no desenvolvimento sustentado da indústria nacional, incentivando a competitividade empresarial e disseminando o uso de gás natural nos diversos segmentos de mercado.

O CTGÁS tem por missão, prover soluções e inovações técnicas, tecnológicas e educacionais, visando o desenvolvimento da indústria de gás natural e tecnologias correlatas, com responsabilidade social e visa consolidar-se nacionalmente como centro tecnológico de referência para a indústria do gás natural e energia de baixo impacto ambiental.

Ele foi desenvolvido a partir dos modelos de gestão de tecnologias do SENAI e da Petrobrás. Está localizado em Natal/RN e em mais 15 estados da federação brasileira (com 16 núcleos espalhados nestes estados), e se propõe a atender todo o mercado nacional através da REGÁS (Rede Nacional de Núcleos de Tecnologias do Gás).

A estrutura física do CTGÁS em Natal/RN possui 11 laboratórios de serviços, 7 laboratórios de ensino, 7 oficinas didáticas, 20 salas de aula, 2 auditórios com capacidade para 75 e 195 pessoas, 2 salas de videoconferência e biblioteca especializada em Gás Natural (GN).

No âmbito internacional, o CTGÁS é o responsável brasileiro pela execução de um projeto de cooperação tecnológica firmado entre a ABC (Agência de Cooperação Brasileira) e a CIDA (Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional).

#### ***2.1.1 Unidade de negócios de pesquisa aplicada - UNPA***

A UNPA foi criada para dar suporte aos trabalhos desenvolvidos dentro do CTGÁS. Reúne um elevado número de pesquisadores graduados e pós-graduados, distribuídos por 11 laboratórios. A Unidade tem como objetivo promover o aumento da competitividade das indústrias com o uso do gás natural como fonte de energia, além de maximizar a eficiência energética do sistema de consumo em diferentes setores de utilização, seja ela residencial, como combustível em automóveis, no comércio, serviços ou indústria. Sendo assim, ela tem por missão promover o aumento da participação do gás natural na economia como uma fonte mais limpa e financeiramente mais viável, buscando parcerias com universidades, indústrias e entidades patrocinadoras.

##### ***2.1.1.1 Laboratório de Simulação Numérica X Grupo de Estudos de Transporte e Distribuição de Gás Natural***

O LSN - Laboratório de Simulação Numérica do CTGÁS foi montado com uma infra-estrutura e recursos de hardware e software voltados ao atendimento da prestação de serviços de: Simulação de Processos de Escoamento de Gás Natural, Análise Computacional de Tensões e Esforços em Meios Sólidos, Modelagem de Sistemas de Distribuição e Transporte de Gás Natural, além de Simulação de Processos de Combustão.

Foi criado no ano de 2001 para dar suporte as diferentes linhas de pesquisa da Unidade de Negócio de Pesquisa Aplicada que precisem das técnicas de simulação

numérica. Outros objetivos incluem a pesquisa e possível desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas para simulações computacionais.

Os principais clientes do laboratório são a Petrobrás e as companhias distribuidoras de gás natural. Entre os serviços tecnológicos especializados tem-se:

- Modelagem de malhas de gasodutos para transporte e distribuição de GN;
- Estudos de viabilidade técnico-econômica para empreendimentos de transporte e distribuição de gás;
- Elaboração de projetos conceituais e básicos para empreendimentos de transporte e distribuição de GN;
- Modelagem de sistemas térmicos que utilizam o GN como combustível.

Diante do escopo dos serviços procurados e da falta de recurso-humano que efetivamente atuasse na área de Simulação Numérica propriamente dita, a Direção do Centro resolveu modificar o nome do Laboratório para Grupo de Estudos de Transporte e Distribuição de Gás Natural - GETD.

#### a) Justificativa

O mercado necessita de suporte para tomar decisões estratégicas a fim de iniciar novos empreendimentos na área de Transporte e Distribuição de Gás Natural (Gasoduto Móvel ou Gasodutos);

No dia 01/02/2006, o MME lança “Manual de Instruções para Enquadramento de Projetos de Transporte Dutoviário de Gás Natural” que referencia o uso de recursos da CDE (Conta de Desenvolvimento Energético) na cobertura de custos das Instalações de Transporte de gás natural. - projeto termo-hidráulico do gasoduto, contendo dados básicos da rede, tais como: traçado do duto, pontos de suprimento e retirada do gás (“city-gates”), diâmetros, pressões e vazões de cada trecho, obtidos de simuladores nacionalmente conhecidos;

O CTGÁS tem por missão apoiar as distribuidoras. Há uma notória carência de técnicos qualificado para dar suporte às distribuidoras quanto a estudos para avaliar a viabilidade de Técnica e Econômica para construção de novos ramais, capacidades limites, bem como organizar a estrutura já existente em banco de dados georreferenciado.

#### b) Principais Potencialidades/Perspectivas

##### *b.1) EVTE de Sistemas de Distribuição e Transporte via dutos ou gasodutos virtuais*

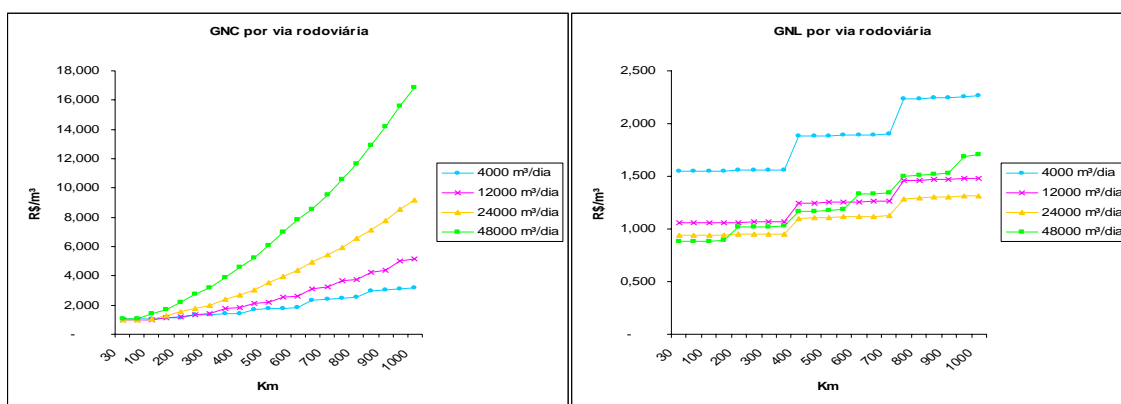


Figura 1 - Exemplo de análise de sensibilidade do custo aolongo da distância para distribuição de GNC

b.2) Prestação de serviço aos diversos projetos do CTGÁS quanto ao geoprocessamento de informações

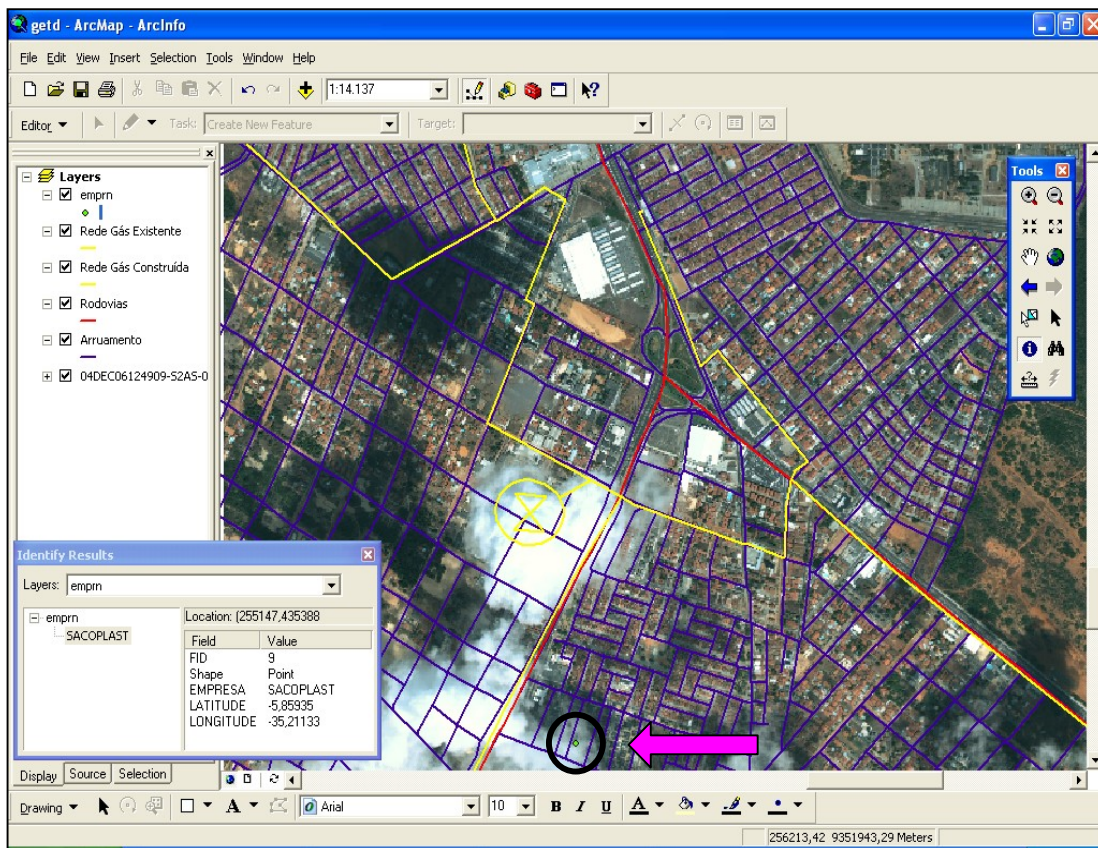


Figura 2 - Exemplo de georreferenciamento

b.3) Modelagem de Gasodutos e Redes de Distribuição

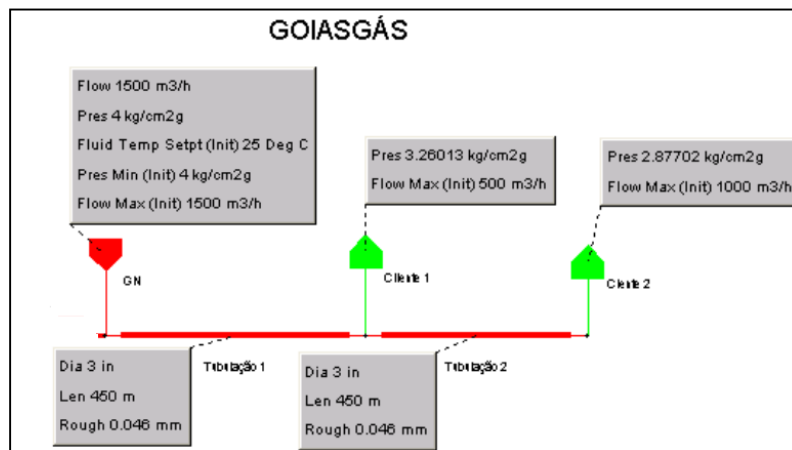


Figura 3 - Exemplo de uma simulação de trecho de malha de distribuição de gás natural da Companhia de distribuidora de Gás de Goiás utilizando do software Pipeline Simulation

### c) Infraestrutura

O GETD dispõe atualmente dos seguintes equipamentos e programas de computação:

- 6 computadores interligados a rede interna do CTGÁS;
- 1 licença do programa SynerGEE 3.3 (modulo básico) utilizado na modelagem de redes de transporte e distribuição de GN;
- 1 licença do programa Pipeline Simulator (TGNET) utilizado na modelagem de redes de transporte e distribuição de GN;
- 2 MS Project utilizado para gerenciamento de Projetos;
- 1 Adobe para conversão PDF;
- 1 SolidWork utilizado para desenhos Mecânicos 3D;
- 1 licença do AutoCAD 2000 utilizado para desenho assistido por computador;
- 2 licença do AutoCAD Map 2000/2006 utilizado para vetorização de imagens;
- 3 licenças do ArcInfo 9.x utilizado para elaboração de Sistemas de Informação Geográfica (GIS);
- 1 C++ Builder;
- 1 Plotter;
- Mosaico com a grade do LandSat (16 estados com resol. de 30m) R\$ 52.900,00

### d) Pontos Críticos

- É necessário consolidar equipe;
- Faz-se necessário capacitar pessoas para utilização das ferramentas disponíveis com investimentos em cursos para esta qualificação;
- Os clientes deste segmento demandam por projetos e serviços esporadicamente. Em linhas gerais, os projetos dependem das necessidades das empresas de distribuição de gás natural, não permitindo um planejamento de atividades a longo prazo e previsão quanto a sustentabilidade da área.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo será apresentada sucintamente a fundamentação teórica dos principais projetos e serviços realizados durante o período de trabalho no CTGÁS.

Devido ao compromisso com os clientes do CTGÁS quanto ao sigilo de informações e pelo fato da maior parte dos projetos aqui apresentados ainda não ter sido publicado, a metodologia e resultados não poderão ser demonstrados em sua totalidade.

#### **3.1 Projeto Básico de Gasodutos da COPERGÁS**

O aumento da demanda do uso de GN (gás natural) nas diversas regiões do Brasil, deve-se à criação de vários centros consumidores para o setor automotivo e Industrial, por se apresentar como uma das melhores alternativas energéticas atualmente.

As empresas distribuidoras de gás responsáveis pela distribuição nos estados, buscam atender a essa demanda através da ampliação das suas malhas de gás de forma rápida e eficiente. No entanto, atualmente elas apresentam uma estrutura operacional bastante reduzida, não possuindo pessoal capacitado em várias áreas, fazendo uso de serviços de consultoria prestado por universidades, centros de pesquisa e tecnologias e firmas de consultoria.

Como parte do Programa de Interiorização do Gás Natural, a COPERGÁS – Companhia Distribuidora de Gás Natural de Pernambuco – construiu um gasoduto partindo do Gasoduto Nordeste, na altura da cidade do Recife, até a cidade de Araripina no Oeste Pernambucano, incluindo ramais até as cidades de Garanhuns e Petrolina. O CTGÁS teve a responsabilidade, dentro deste projeto, de elaborar o EVTE, o Projeto Conceitual e o Projeto Básico do Trecho Recife-Caruaru.

Com o intuito de resumir a abrangência do que vem a ser o Projeto Básico de Gasodutos serão apresentadas a seguir as tarefas que devem ser feitas para sua realização.

##### *Levantamento Topográfico Planialtimétrico e Cadastral*

O levantamento topográfico planialtimétrico se faz necessário devido a não existência de uma base cartográfica para elaboração deste trabalho. O mesmo deve ser executado de acordo com a Norma Petrobrás N-47: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO, sendo o estaqueamento da diretriz preliminar, espaçado a cada 1.000,00 m, e para cada lado do estaqueamento uma faixa de 200,00 m, pontualmente a cada 50,00 m, (projeto básico).

##### *Estudos de Análise de Risco*

É contemplada toda a extensão dos gasodutos, devendo ser classificados por trechos típicos, com similaridade de situação de riscos. São estudados os trechos com níveis de criticidade (em função das concentrações populacionais), através de avaliações qualitativas mediante o desenvolvimento de métodos como APR – Análise Preliminar de Risco, bem como as diretrizes para elaboração do PCMAT - Programa de Controle do Meio Ambiente de Trabalho.

##### *Elaboração da Documentação de Engenharia*

São elaborados os seguintes documentos de engenharia:

### ***Memorial Descritivo***

Documento contendo o objetivo do empreendimento, dados de processo, dados básicos, premissas de cálculo, características da obra e da construção e montagem do duto.

### ***Fluxograma de Processo – Linha Tronco e Ramais***

Desenho contendo dados de processo, dados básicos, configuração geral do empreendimento, linha tronco, ramais, diâmetros de tubulações, válvulas, etc.

### ***Planta Geral de Situação e Localização***

‘Desenho com o traçado geral do gasoduto, escala 1:500.000, apresentado em formato especial tamanho 1.500 mm x 1.000 mm.

Este desenho deve conter as seguintes informações:

- a) Planta baixa da diretriz do gasoduto;
- b) Indicação dos principais rios, lagos e lagoas;
- c) Indicação das principais cidades;
- d) Indicação das principais obras de arte: pontes, viadutos, pontilhões, túneis;
- e) Indicação das principais rodovias.

### ***Diretriz e Perfil***

Desenho com o traçado do gasoduto, apresentado na escala 1:1.000, sendo um formato especial tamanho 1.189 mm x 594 mm para cada 1 km de gasoduto. O estaqueamento será indicado a cada 50 m. Esses desenhos deverão conter as seguintes informações:

- a) Planta baixa da diretriz do gasoduto na escala 1:1.000;
- b) Perfil do terreno com lançamento do gasoduto nas escalas horizontal 1:500.000 e vertical 1:100;
- c) Quadro de informações técnicas do gasoduto conforme Norma Petrobrás N-2047;
- d) Indicação dos principais rios, lagos e lagoas;
- e) Indicação das principais cidades;
- f) Indicação das principais obras de arte: pontes, viadutos, pontilhões, túneis;
- g) Indicação das principais rodovias.
- h) Indicação da Localização de Válvulas de Bloqueio, Erps e Derivações nos desenhos pertinentes.

### ***Cruzamentos – Padrão Típico***

Chama-se cruzamento a obra correspondente à passagem do duto por rodovias, ferrovias, ruas ou avenidas, linhas de transmissão, outros dutos e/ou instalações subterrâneas já existentes.

Desenho padrão típico, com detalhes conforme Norma Petrobras N-2177 e com uma tabela com os principais cruzamentos. Não é um desenho executivo, portanto não será indicado o comprimento exato do cruzamento, bem como não serão indicadas margens exatas do cruzamento e planialtimetria do mesmo.

### ***Travessias – Padrão Típico***

Chama-se travessia a obra correspondente à passagem do duto através de rios, riachos, lagos, açudes e regiões permanentemente alagadas.

Desenho padrão típico, com detalhes conforme Norma Petrobras N-2177 e com uma tabela com as principais travessias. Para desenho de Projeto, não é necessário indicar

o comprimento exato e nem a batimetria das travessias, bem como não precisa indicar as características do leito das travessias.

***Cerca conforme Norma Petrobrás N-1190 Tipo I – Padrão Típico***

Desenho padrão típico, com detalhes conforme Norma Petrobrás N-1190 e com dimensões preliminares das cercas.

***Válvula de Bloqueio – Arranjo Típico de Tubulação***

Desenho padrão típico, com detalhes e dimensões básicas do arranjo de tubulação, contendo ainda uma tabela com a indicação da localização de cada válvula.

***Lançador e Recebedor de Pig – Padrão Típico***

Desenho padrão típico, com detalhes conforme Norma Petrobrás N-505 e com uma tabela indicando a localização de cada lançador e/ou recebedor.

***Especificação Técnica – Projeto executivo, Construção e Montagem***

Documento contendo os requisitos necessários a completa elaboração do projeto executivo, bem como as exigências de construção, montagem e condicionamento duto.

***Especificação Técnica – Válvulas de Bloqueio***

Documento contendo todas as especificações para compra das válvulas de bloqueio.

***Especificação Técnica – Especificação de Materiais de Tubulação***

Documento contendo todas as especificações para seleção de materiais de tubulação na fase do projeto executivo.

***Memória de Cálculo – Dimensionamento Mecânico***

Documento apresentando o dimensionamento do gasoduto, contendo as vazões e pressões de projeto, premissas de cálculo, bem como a determinação dos diâmetros do gasoduto e as espessuras de parede de todos os trechos.

***Folha de dados - Gasoduto***

Documento padrão conforme Norma Petrobrás, que define todas as características do gasoduto.

***Documentação e Especificação das Estações de Redução de Pressão (ERP)***

Conjunto de documentos, com informações gerais para o projeto executivo, construção e montagem das Estações de Redução de Pressão.

Serão apresentados os seguintes documentos:

- a) Planta de arranjo preliminar da ERP;
- b) Fluxograma de processo;
- c) Folhas de dados de processo para equipamentos;
- d) Folhas de dados de processo para instrumentos;
- e) Descrição de intertravamentos;
- f) Diagrama unifilar preliminar com quadro de cargas elétricas;
- g) Planta de classificação de áreas.

***Análise dos Custos***

Etapas necessárias num Projeto de Gasoduto para Análise dos Custos



### Implantação do Projeto

- a) Contratação (O&M);
- b) Licenciamentos (Ambiental/Dner ou Der/Urbanos);
- c) Contratação, Fabricação e Entrega da Tubulação;
- d) Contratação, Fabricação e Entrega das ERPM's;
- e) Mobilização;
- f) Construção e Montagem do Gasoduto ERPM's (400 m/mês) ;
- g) Condicionamento (Limpeza, Purga, Inertização Ramal Secundário) ;
- h) Montagem do Sistema Supervisório;
- i) Pré-operação & Partida.

### Operação do Duto

- a) Custo Operacional (R\$/Mês);
- b) Custo de Manutenção.

## **3.2 Identificação e Avaliação de Mercados Potenciais para o Gás Natural**

Este projeto foi subdividido em cinco sub-projetos onde um deles, intitulado por GASMOVEL, foi executado com o auxílio do “Grupo de Estudos na Área de Transporte e Distribuição” do CTGÁS.

Um projeto de Gasodutos Móveis ou Gasodutos Virtuais é constituído de uma estação remota de distribuição de gás natural, que utiliza carretas para o transporte de grandes volumes de gás comprimido ou liquefeito. O gás é transportado de um local que possui fornecimento de gás natural (city-gate ou posto de abastecimento) até um ponto de consumo, em um raio de 120 a 150km (no caso do Gás Natural Comprimido - GNC) e até 500km (no caso do Gás Natural Liquefeito - GNL). No caso do GNC, deve ser construída uma estação de compressão no local de origem; e no caso do GNL, uma unidade de liquefação. Os gasodutos virtuais vêm sendo empregados em diversos países, no sentido de viabilizar o fornecimento de gás em regiões onde a construção dos gasodutos não é viável técnica ou economicamente. Como por exemplo na Rússia, Estados Unidos, Argentina, Uruguai, Polônia, Egito e Iran, entre outros.

No Brasil, há alguns projetos de Gasodutos Virtuais já implementados, destaca-se o fornecimento de GNC para a empresa Tramontina, localizada na cidade de Carlos Barbosa (RS). Neste projeto, as carretas abastecem a empresa a uma distância de 35 km para fornecer 4 mil m<sup>3</sup> de gás natural por dia. Esse foi o primeiro sistema de gasoduto virtual utilizado no Brasil. Foi encerrado após treze meses de funcionamento, com a construção dos dutos para atender a empresa. Os gasodutos móveis atuaram como desbravadores de mercado para o futuro fornecimento de gás por dutos. É válido salientar que os equipamentos utilizados no projeto podem ser realocados para outros projetos sem grandes custos.

Outro exemplo de projeto de GNC no Brasil é o fornecimento de gás para a empresa Sucos Kiki, localizada na cidade de Engenheiro Coelho - SP, a 106 km da estação de compressão de Salto (SP). A estruturação deste gasoduto virtual custou cerca de R\$ 2,5 milhões em investimento para atender uma demanda de 1 milhão m<sup>3</sup> de gás por mês. Neste caso, a própria empresa fez o investimento, comprando o combustível da empresa concessionária GasNatural SPS.

Atualmente, vários outros gasodutos móveis encontram-se em funcionamento no Brasil: transporte de gás para a cidade de Campina Grande – PB a partir de João Pessoa –

PB; atendimento da cidade de Teresina – PI, a partir de Fortaleza – CE. Vários outros projetos estão em fase de planejamento.

O desenvolvimento deste projeto seguiu as seguintes etapas:

**3.2.1 Levantamento do estado-da-arte das tecnologias de transporte GNC e GNL;**

**3.2.2 Estudo de viabilidade técnica e econômica para situações usuais de ambas as tecnologias (GNC e GNL);**

**3.2.3 Mapeamento de regiões que não possuem rede de distribuição de gás natural;**

**3.2.4 Análise de possíveis consumidores de gás natural nestas regiões, no sentido de se verificar a viabilidade na implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL;**

**3.2.5 Seleção de amostra de empresas a serem pesquisadas no sentido de se verificar a potencial implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL;**

**3.2.6 Apresentação os resultados da pesquisa de campo;**

**3.2.7 Apresentação da interpretação dos resultados da pesquisa de campo e a percepção e depoimentos dos colaboradores que atuaram na pesquisa de campo.**

**3.2.1 Levantamento do estado-da-arte das tecnologias de transporte GNC e GNL**

Nesta etapa foi feito um exaustivo estudo sobre as tecnologias vigentes no mundo para o transporte de gás natural comprimido e liquefeito.

a) Principais Problemas tecnológicos :

- Grandes Cilindros em aço sem costura;
- Peso e capacidade dos cilindros;
- Tecnologia de transferência (mercado GNV).

b) Principais Nichos de Mercado

- Atendimento de consumidores cujo suprimento via duto foi interrompido para manutenção ou por acidentes;
- Atendimento de demanda de pico;
- Atendimento de plantas industriais que já investiram em equipamentos a gás natural e que aguardam a chegada do gasoduto;
- Gás para teste de pressão para certificação de gasodutos;
- Atendimento de pequenas comunidades não atendidas por gasodutos;
- Gás para atendimento de demanda de pico na ignição de turbinas a gás;
- Aproveitamento da produção de pequenos campos de gás em terra, distantes de gasodutos;
- Mercado GNC - Estações Filhas<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Neste sistema, as estações filhas são carretas que se deslocam entre uma estação de compressão mãe e o mercado final. As carretas (estações filhas) são levadas até a estação de compressão-mãe, onde são abastecidas e levadas novamente até o consumidor final, que pode ser um posto GNV ou uma indústria. O gás da estação filha é transferido diretamente para os tanques dos veículos GNV ou para os equipamentos de consumo (indústria), não havendo necessidade de transferência para um conjunto de cilindros de estocagem.

## c) Tecnologias GNC

### c.1) GNC Superjumbo Marlin Gas (Florida EUA)



Figura 4 - Caminhão GNC Superjumbo Marlin Gas

### c.2) Inovações Tecnológicas Sistema Neogas

- Principal inovação: carregamento e o descarregamento dos cilindros através de uma bomba hidráulica (tecnologia proprietária);
- Capacidade de cada caminhão : 4.000 m<sup>3</sup>;
- Pressão 220 bar;
- Empresa não vende equipamento, mas oferece o serviço de transporte.

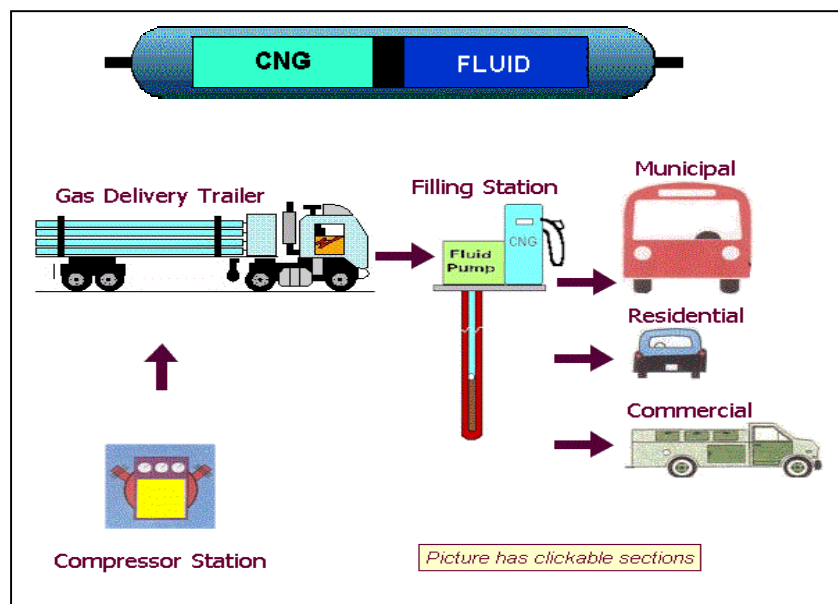


Figura 5 - Sistema de Compressão de GN da Neogas

### c.3) Sistema Galileo

- Galileo: joint-venture com participação de Tartarini; Faber Industries; Fuelmaker e a Arial;
- Gasoduto Virtual : Sistema Modular de Transporte (SIMT);
- Sistemas de Compressão Primários;
- Módulo de Armazenamento e Transporte (42 cilindros e capacidade de 1.500 m<sup>3</sup>);
- Estações GNV Galileo.



**Figura 6 - Módulo de Armazenamento e Transporte (MAT) de GNC**



**Figura 7 - Caminhão de Transporte de GNC da Galileo**



**Figura 8 - Posto Galileo**

#### *c.4) Sistema Fiba Technologies*

- Naturalene™ NGV System: estações filhas;
- Trailer com 7 cilindros (capacidade 4000 m<sup>3</sup>); Pressão máxima 260 bar;
- Compressor;
- Sistema de controle de abastecimento;
- Gás Residual: 20%;
- Empresa vende equipamentos ou aluga carretas.



**Figura 9 - Trailer Fiba**

## d) Tecnologias GNL

### *d.1) Vantagem do GNL:*

- Redução do volume em 600 vezes;
- Temperatura:  $-161^{\circ}\text{C}$ ;
- Conteúdo energético em relação ao óleo;
- GNC  $\Rightarrow$  20%;
- GNL  $\Rightarrow$  60%;
- Densidade Energética do GNL  $420 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

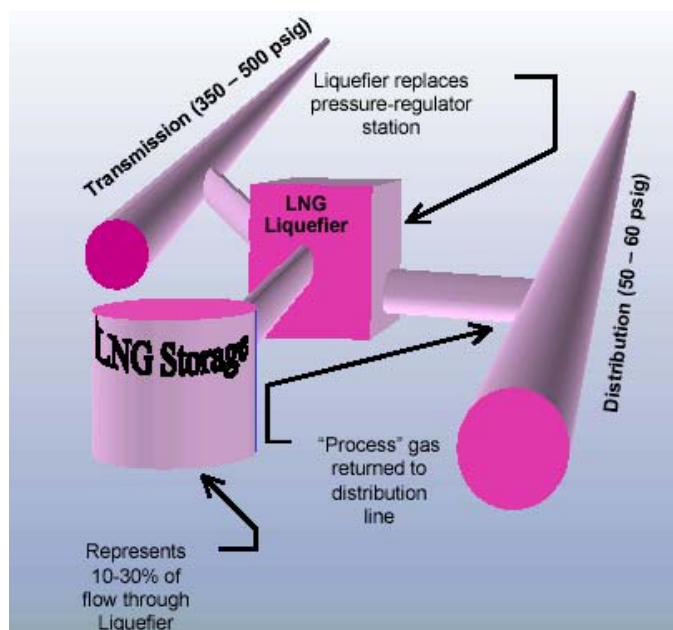
### *d.2) Plantas de liquefação de pequena escala*

#### Plantas com compressores

- Cascata
- Refrigerante misto
- Capacidade entre 22.5 a 770  $\text{m}^3/\text{dia}$  de GNL (input de (14000 a 500.000  $\text{m}^3$  por dia);
- Compressor consome entre 4 a 7% do volume de gás;
- Consumo de eletricidade (1.250 a 7.400  $\text{kwh}/\text{dia}$ ).

#### Plantas tipo “let-down”

- Ciclo de Expansão Turbinado (turbo-expander cycle);
- Ciclo de Estrangulamento (throttle cycle);
- Ciclo de expansão turbinado (turbo-expander cycle) à liquefaz  $\sim 10\%$  do gás;
- Ciclo de Estrangulamento (throttle cycle) à liquefaz  $\sim 4\%$ ;
- Aproveitam energia da queda da pressão. Custo operacional muito inferior às plantas com compressores;
- Custos das plantas “Let-Down”  $40 \text{ m}^3$  por dia :
  - Ineel estima um custo de \$600.000
  - Custo anunciado pela Gazprom \$ 710.000.



**Figura 10 - Esquema da Planta tipo Let-Down**

*d.3) Principais Fornecedores:*

- Gazprom – “let-down”;
- Cryofuel;
- Chart Industries;
- Air Products;
- Linde;
- Pritchard;
- CH-IV Cryogenics (EUA).



**Figura 11 - Planta com tecnologia da Gazprom de Nikolskaya**

*d.4) Sistema de transporte de GNL*

- GNL pode ser transportado em tanques criogênicos por caminhão ou trem;
- Carreta;
- Capacidade à 10 a 40 m<sup>3</sup> (4.500 a 1.7000 kgs);
- Custo aproximadamente de U\$ 500.000 mil;
- O GNL pode ser estocado por até três dias no caminhão sem perdas por vaporização;
- O tanque é fabricado com aço inoxidável com um sistema de isolamento térmico;
- Transferência é realizada por uma bomba criogênica.



**Figura 12 - Caminhão tanque de GNL**



**Figura 13 - Caminhão tanque de GNL – Nexgenfueling inc.**

### ***3.2.2 Estudo de viabilidade técnica e econômica para situações usuais de ambas as tecnologias.***

A viabilidade econômica diz respeito aos investimentos, custo, receitas e às possibilidades existentes de se adquirir capital para realizar um empreendimento, levando em conta tanto políticas de financiamento existentes como a possibilidade de associações, ajuda de fundações e o retorno do negócio.

Neste estudo foram analisados os custos, os investimentos, as receitas, o período de recuperação do investimento (payback), o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) para cenários típicos da utilização da tecnologia GNC e GNL:

- Fornecimento para distância média de 100 km =>GNC;
- Para distâncias superiores à GNL;
- Empreendimentos realizados através de parcerias entre a Petrobras, distribuidoras de gás natural e empresas privadas;
- Plantas de GNL atendem inclusive a demanda situada numa distância inferior a 100 km;
- Preço de aquisição de em média R\$ 0,40 e o preço de revenda de em média R\$ 0,80;
- Mercados âncora Postos GNV e Indústrias;
- Deslocar o consumo industrial e comercial de óleo combustível leve e GLP;
- Caberá aos consumidores finais ou empresas transportadoras a Granel, realizar os investimentos na infra-estrutura necessária para estocagem do GNC ou GNL.

### ***3.2.3 Mapeamento de regiões que não possuem rede de distribuição de gás natural***

Para identificar e compreender a possibilidade de difusão do consumo de gás natural transportado por gasodutos móveis no Brasil, foi aplicado o questionário para uma amostra de empresas. Os resultados obtidos nesta pesquisa de campo foram extrapolados para o universo das empresas que se enquadrem no perfil pré-determinado.

### ***3.2.4 Análise de possíveis consumidores de gás natural no sentido de se verificar a viabilidade na implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL***

Universo das empresas localizadas em cidades situadas num raio entre 30 e 500 km do gasoduto mais próximo, com frota mínima de 10 mil automóveis, com mais de 50 mil habitantes e com expressiva importância das atividades da indústria de transformação.

### ***3.2.5 Seleção de amostra de empresas a serem pesquisadas no sentido de se verificar a potencial implantação de sistemas de abastecimento de gás natural através da tecnologia GNC ou GNL***

Uma vez fixado o conjunto de cidades, foi feita a identificação do universo das empresas que se qualificam como possíveis entrevistadas. Dado que este estudo objetiva identificar o mercado potencial de gás natural através de gasodutos móveis (GNC e GNL), optou-se por focalizar a definição do universo de empresas a partir de dois critérios simultâneos: atividade industrial e tamanho da empresa.

Deste modo, ao considerar estes dois critérios, o objetivo foi o de otimizar, do ponto de vista amostral, a representatividade da pesquisa em termos de atividades industriais usuárias do gás e em termos de geração de emprego na indústria.

A seleção da amostra foi o de amostragem estratificada<sup>4</sup>, e a condição básica para sua aplicabilidade é que a escolha das empresas de cada cidade seguiu um processo aleatório.

### ***3.2.6 Apresentação os resultados da pesquisa de campo***

Os resultados obtidos com a pesquisa foram tabulados e apresentados alguns traços estilizados obtidos.

### ***3.2.7 Apresentação da interpretação dos resultados da pesquisa de campo e a percepção e depoimentos dos colaboradores que atuaram na pesquisa de campo***

A pesquisa de campo realizada permitiu traçar um retrato bastante detalhado sobre o potencial e as principais barreiras para o desenvolvimento do mercado do gás natural em regiões atualmente não atendidas por gasodutos, e que poderiam ser atendidas, seja através do fornecimento do gás natural comprimido ou do liquefeito.

## **3.3 Avaliar a infra-estrutura de transporte de gás natural no Brasil, considerando, ano a ano, as demandas e ofertas localizadas**

Este serviço foi idealizado em Janeiro de 2006 e seria realizado para EPE – Empresa de Planejamento Energético, intitulado por: “Avaliar a infra-estrutura de transporte de gás natural no Brasil, considerando, ano a ano, as demandas e ofertas localizadas” que consiste em elaborar um mapeamento dos gasodutos de transporte, estações de compressão e city-gates, com a indicação localizada das vazões de ofertas (entradas) e demandas (saídas) de gás nos respectivos city-gates, ano a ano, até 2015 e demonstrando os gargalos demonstrados através do software de simulação de escoamento de gás. O projeto foi todo estruturado, mas infelizmente não foi possível sua execução por ter participado do processo Licitatório e perdido devido ao valor solicitado pelo serviço.

O desenvolvimento deste projeto segue as seguintes etapas:

- Elaboração de mapa dos gasodutos de transporte, estações de compressão e City-gates, com a indicação localizada das vazões de ofertas (entradas) e demandas (saídas) de gás nos respectivos city-gates;
- Incluir no mapa as estações de compressores indicando suas principais características técnicas;
- Efetuar simulações para determinação das capacidades limites de transporte da rede de gasodutos fornecida pela EPE, indicando, ano a ano os pontos de folgas e os pontos que apresentam gargalos;
- Indicar as capacidades atuais de cada um dos gasodutos, estações de compressão, os pontos de demandas e ofertas, em diferentes mapas, ano a ano, para o horizonte até 2015.

---

<sup>4</sup> A técnica consiste em dividir a população de empresas em subgrupos denominados de estratos. Toma-se de cada estrato uma amostra percentual igual à porcentagem do estrato em relação à população. Os estratos, neste caso, foram as empresas de cada cidade pré-selecionada.



### **3.4 Avaliação Mercadológica do Negócio de Distribuição do Gás Natural Comprimido (GNC)**

A expansão da indústria do gás natural tem propiciado o desenvolvimento tecnológico de novos métodos e técnicas de abordagens para aplicação em toda a cadeia produtiva deste energético. Particularmente, a técnica de transporte do gás através do sistema conhecido como gás natural comprimido (GNC) vem se desenvolvendo principalmente para atender mercados onde a malha de distribuição ainda não está implantada.

Para Oliveira (2004), um modelo completo de análise e avaliação de negócios apresenta oito componentes essenciais, sendo cinco de avaliação estratégica e três de análise operacional. No nível estratégico, são analisados os seguintes componentes: mercado, tecnologia, expectativa de mercado, vantagem competitiva e estratégias. Já no nível operacional, são aprofundadas as questões sobre modelo de gestão, logística e indicadores econômico-financeiros. Estas observações são detalhadas sob influência de determinados condicionantes, quais sejam: fatores não controláveis, sinergia, negociação e capacitação. Para o presente estudo, foram selecionados os componentes – mercado e tecnologia – no nível estratégico; e os três componentes do nível operacional – gestão, logística e análise econômico-financeira.

O mercado de gás natural foi detalhado com o objetivo de se levantar a sua participação na matriz energética brasileira e mostrar as tendências para o futuro. Foram mostradas as reservas, a produção de gás natural e as perspectivas de crescimento sustentável deste energético. Foi realizada uma análise das importações e das suas diversas utilizações práticas. Foram informadas as vendas de gás natural por distribuidora e por estado, inclusive detalhando as aplicações industriais, residenciais, na geração, no comércio e no segmento veicular. O mercado atual de GNC foi também mostrado e comentado, principalmente com foco nos fornecedores, na concorrência e nos energéticos substitutos. As perspectivas de crescimento deste mercado no Brasil são consistentes com a meta relativa ao incremento da participação do gás natural na matriz energética.

As tecnologias envolvidas com a cadeia de distribuição do GNC foram explicitadas e analisadas. Neste contexto, se inserem as tecnologias relativas à compressão, ao carregamento; ao transporte e ao descarregamento. São mostrados os fornecedores, os gargalos tecnológicos e os riscos envolvidos com a adoção de cada opção tecnológica.

Uma análise operacional foi detalhada, principalmente, sobre os principais aspectos logísticos e de segurança industrial que devem ser observados para uma gestão efetiva de uma unidade operacional de GNC. Cuidados com a manutenção, rigor nas inspeções e uma avaliação das capacitações envolvidas são pontos importantes a serem observados por uma futura operadora de GNC.

Em seguida, foram realizadas algumas simulações econômico-financeiras sobre o emprego da tecnologia de GNC em condições próximas da realidade, sob determinadas premissas. Foram investigados os investimentos necessários e calculadas as receitas operacionais e custos operacionais. Como indicadores principais para uma possível tomada de decisão, foram calculados os seguintes: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno (TR) ou Payback.

Por fim, foram resumidas as principais conclusões e recomendações provenientes desta avaliação, com ênfase nos aspectos tecnológicos, operacionais e econômico-financeiros.

O desenvolvimento deste trabalho subdividiu-se basicamente nos seguintes tópicos:

**3.4.1 O Mercado de Gás Natural no Brasil;**

**3.4.2 Tecnologias Aplicadas ao Gás Natural Comprimido;**

**3.4.3 Aspectos Operacionais, Logísticos e de Segurança;**

**3.4.4 Análise Econômico-Financeira do Negócio;**

**3.4.5 Riscos e Incertezas**

#### **3.4.1 O Mercado de Gás Natural no Brasil**

Há uma presença significativa do gás natural na matriz energética brasileira, com crescimento sólido na última década e boas perspectivas para continuar este crescimento nos próximos anos. Historicamente, a evolução da participação do gás natural tem apresentado uma evolução consistente. No ano de 2000 era de 5,4%, em 2002 passou para 7,4%, já em 2004 alcançou 8,9% e em 2005 atingiu 9,3%. Os principais propulsores desta maior participação do gás natural recaem sobre a substituição do óleo combustível e do gás liquefeito de petróleo (GLP) nas indústrias e da gasolina no transporte em geral.

As reservas provadas de gás natural do Brasil cresceram a uma taxa média de 7,4% a.a, no período de 1964 a 2005, conforme Boletim da Agência Nacional de Petróleo. Atualmente, as reservas provadas de gás natural totalizam 306,4 bilhões m<sup>3</sup>, sendo que 23,4% estão em terra e 76,6% no mar. Para efeito comparativo, as reservas da Bolívia e da Venezuela totalizam 1,38 e 4,28 trilhões de m<sup>3</sup> respectivamente.

A produção média nos últimos doze meses é de 48,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Os estados com maior participação nesta produção são: Rio de Janeiro com mais de 22,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia; Amazonas com 9,5 milhões de m<sup>3</sup>/dia e Bahia com 5,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia.

A importação de gás natural teve início em julho de 1999, através da aquisição de gás boliviano pela Petrobras, escoado através do Gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL). O volume importado pela empresa atingiu 25,0 milhões m<sup>3</sup>/d em março de 2006. Por outro lado, a Sulgás iniciou a importação de gás natural em junho de 2000, adquirindo gás da Argentina. Em março de 2006, a Sulgás importou 2,3 milhões m<sup>3</sup>/d de gás natural.

Duas novas empresas importadoras de gás passaram a operar em 2001: EPE – Empresa Produtora de Energia Ltda. e BG Comércio e Importação Ltda. Em agosto de 2006 a EPE iniciou a importação de gás boliviano destinado à Usina Termelétrica (UTE) de Cuiabá, sendo este gás escoado pelo gasoduto Lateral Cuiabá. Em março de 2006, a EPE importou 0,4 milhões de m<sup>3</sup>/d de gás natural. Já em setembro de 2001, a BG Comércio e Importação Ltda. iniciou a importação de gás natural boliviano, escoado pelo GASBOL e destinado à entrega a COMGÁS. No mês de março de 2006, a BG importou 0,7 milhão m<sup>3</sup>/d de gás natural.

As vendas de gás natural das distribuidoras brasileiras totalizaram uma média nos últimos doze meses de aproximadamente 42 milhões de m<sup>3</sup>/dia, com um crescimento nas vendas de quase 13% ao ano. Atualmente, o conjunto das distribuidoras opera com mais de 1,26 milhão de clientes, sendo 2473 industriais, 1273 postos de abastecimento de GNV (Gás Natural Veicular), 20.472 no segmento comercial, 19 na geração de eletricidade, 32 clientes de co-geração, 14 clientes de GNC, 1,23 milhão de clientes residenciais e 4 clientes enquadrados em outras aplicações.

O negócio no ramo de distribuição de gás natural comprimido a granel é composto das seguintes atividades principais: aquisição, recebimento, compressão, armazenamento, distribuição, comercialização e controle de qualidade do Gás Natural Comprimido (GNC). Esse ramo de negócio se apresenta como uma alternativa viável para estimular o desenvolvimento de novos mercados e proporciona o atendimento de regiões ainda desprovidas de infra-estrutura de gasodutos ou redes de distribuição de gás natural

canalizado. A portaria ANP 243/2000 regulamenta as atividades de distribuição e comercialização de GNC, bem como a construção e a operação de unidades de compressão e distribuição.

A tecnologia de GNC é vantajosa quando há deslocamento da utilização de outros combustíveis mais poluentes; redução da importação de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou redução do risco de mercado em projetos de ampliação de gasodutos.

Há um grande potencial de crescimento na demanda de gás natural no Brasil. Pesquisas indicam que existe uma demanda reprimida de curto prazo de quase 20 milhões de m<sup>3</sup>/dia no segmento industrial. Para o segmento comercial de mais de um milhão de m<sup>3</sup>/dia. Para o segmento automotivo, os números indicam um mercado adicional de quase dois milhões de m<sup>3</sup>/dia.

O mercado de gás natural deve crescer de forma expressiva no próximo quinquênio. A Petrobras projeta um mercado equivalente a 121 milhões de m<sup>3</sup>/dia para o ano de 2011, principalmente nos segmentos industrial, com 38,6 milhões de m<sup>3</sup>/dia, e termoeletrico, com 48,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia. A taxa de crescimento no período de 2006 a 2011 será de 17,7% ao ano. Novos investimentos estão sendo alocados para atendimento da demanda, principalmente nas Bacias de Campos (6 milhões de m<sup>3</sup>/dia), do Espírito Santo (16,7 milhões de m<sup>3</sup>/dia) e de Santos (1,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), com a entrada de dois novos campos no Espírito Santo, expansão da produção de Merluza e aumento do fornecimento de gás do campo de Marlim. A produção doméstica deve atingir aproximadamente 71 milhões de m<sup>3</sup>/dia até 2010. Neste horizonte, as importações da Bolívia se mantêm no patamar de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia. O complemento de 20 milhões de m<sup>3</sup>/dia será fornecido através da importação com o uso da tecnologia de GNL. A Petrobras prevê a aplicação de US\$ 7,5 bilhões no período 2007-2011 para garantir a consecução destes objetivos e ampliar a malha de gasodutos de transporte. Os principais projetos da carteira de investimentos da Petrobras para este período são:

- GNL – Gás Natural Liquefeito;
- GASENE – Perna norte;
- Gasoduto Urucu – Coari – Manaus;
- Manutenção da infra-estrutura de transporte de GN;
- Malha de Gasoduto do Sudeste;
- Ampliação do GASBEL (Belo Horizonte);
- Ampliação do trecho sul do GASBOL (distribuição do GNL) e
- Malhas de gasodutos do Nordeste.

Com relação ao potencial de crescimento do mercado de gás natural, transportado através de gasodutos móveis, pesquisas recentes indicam que a probabilidade de uso do gás natural aumenta proporcionalmente com o número de empregados das empresas analisadas. As empresas com capital de origem estrangeira também têm maior probabilidade de adotar o gás natural nos seus processos produtivos. Por outro lado, as empresas que realizam algum tipo de controle no uso de combustíveis, ou que se preocupam com o uso eficiente dos seus equipamentos, apresentam maior propensão ao uso do gás natural.

O perfil das empresas pesquisadas se concentra em três importantes setores industriais: fabricação de produtos alimentícios e bebidas (35%); preparação de couros e fabricação de artefatos, artigos de viagens e calçados (21%) e fabricação de artigos de borracha e plástico (11%). Uma conclusão importante indica que 90% das empresas pesquisadas estão dispostas a adotar o gás natural como energético. Deste total, 45,6%

podem substituir mais de 50% do seu consumo energético. As empresas de tamanho médio são as que estão mais propensas a substituir maior parcela do consumo atual de energia.

A tecnologia de gás natural comprimido apresenta as seguintes vantagens comparativas:

- Antecipação da criação de mercados em localidades sem infra-estrutura de transporte e/ou distribuição;
- Antecipação de receitas com a venda de gás natural;
- Redução dos riscos de mercado nos projetos de ampliação da malha de transporte e/ou distribuição.

As principais barreiras para a implantação de projetos de gás natural pelas empresas analisadas foram:

- Desconhecimento sobre o preço do gás natural;
- Tipo do contrato de venda do gás natural não alinhado com as práticas de flexibilidade de prazos e de variação de demanda;
- Custo de conversão dos equipamentos;
- As questões técnicas foram consideradas barreiras menos importantes.

Os incentivos são vistos como impulsionadores para que as empresas adotem o gás natural como energético nas suas atividades: incentivo fiscal para compra de equipamentos; normas ambientais que incentivem o uso do gás em substituição a outros combustíveis; disponibilidade de linhas de financiamento e apoio à qualificação do pessoal.

Algumas importantes conclusões das pesquisas realizadas:

- Os fornecedores de GNC tendem a focar os segmentos de negócio com maior demanda de combustíveis com preços mais elevados, como por exemplo, o GLP, o óleo diesel, a gasolina, o álcool e o óleo combustível leve, em menor escala. O quadro abaixo mostra uma análise comparativa entre estes energéticos, com destaque para o preço do energético gás natural.

**Tabela 1 - Análise Comparativa entre Combustíveis**

<b>Produto</b>	<b>Unidade (U)</b>	<b>Poder Calorífico</b>	<b>Preço Médio</b>	<b>Preço Médio</b>
Gasolina	L	11100	2,50	0,225
GLP	Kg	11800	2,40	0,203
Óleo	L	10200	1,86	0,182
Álcool	L	6400	1,10	0,172
Gás	m <sup>3</sup>	9400	1,30	0,138

Fontes: ANP; COMGÁS e Distribuidora de GLP

- As distribuidoras de GNC devem atuar estrategicamente na oferta de serviços de diagnósticos energéticos, a fim de propiciar informações úteis às empresas na tomada de decisão para uso do gás natural;
- A aplicação de normas ambientais cada vez mais rígidas é importante para que os concorrentes não tenham vantagens comparativas pelo uso de um energético mais barato e de maior impacto ambiental.

No passado, o gás natural era tido como um combustível de menor valor agregado devido ao pequeno lucro que propiciava. Hoje em dia essa visão foi superada e o gás

natural é percebido como uma alternativa energética viável, sob os pontos de vista econômico e ambiental. A exploração de gás natural era ancorada na estratégia de exploração do petróleo. Com a mudança de cenário, atualmente a exploração com objetivo de se descobrir novas jazidas de gás natural passa a ser uma necessidade cada vez mais incentivada.

Outra tendência favorável para o uso do gás natural é na tecnologia aplicada aos motores veiculares que utilizam o gás natural como combustível. Hoje, esta tecnologia é utilizada devido principalmente a economia que propicia. Em futuro próximo, será utilizada principalmente pela opção tecnológica empregada, quer seja pela potência desenvolvida, pelo custo de investimento, ou ainda pelo seu custo comparado com outros energéticos. A disponibilidade de álcool é instável, não há um compromisso por parte dos produtores em manter uma produção de combustível para atender a demanda. A gasolina tende a ficar cada vez mais cara devido ao esgotamento das jazidas e ao consumo cada vez mais crescente.

### 3.4.2 Tecnologias Aplicadas ao Gás Natural Comprimido

A indústria de gás natural se desenvolveu a partir do uso da tecnologia de transporte de gás natural através de dutos. Trata-se de uma tecnologia bastante desenvolvida. O uso de dutos para o transporte de gás natural remonta ao início do século XX. É o meio de transporte de gás natural mais econômico e seguro. Na maioria das ocasiões em que se opta por outra tecnologia para o transporte de gás natural, normalmente a causa é a inviabilidade econômica da construção do gasoduto. A atratividade econômica para a construção de um gasoduto depende do volume de gás a ser transportado e da distância do transporte. Portanto, quanto maior for o volume de gás natural a ser transportado e menor for a distância de transporte, maior será a atratividade econômica para a construção de um gasoduto.

O gás natural comprimido (GNC) surgiu como uma alternativa para o transporte de pequenos volumes de gás a pequenas distâncias, onde a construção de um gasoduto não se mostrou atrativa economicamente. A tecnologia do gás natural comprimido deve ser percebida dentro do conceito de “gasoduto móvel”. Os equipamentos que compõem um sistema de GNC podem ser movimentados para aplicações em outros locais.

O uso da tecnologia do gás natural comprimido pode criar e desenvolver um mercado para o gás natural, até que seja viabilizada a construção do gasoduto. O crescimento da demanda de gás, suprida por GNC, pode vir a viabilizar a construção de um gasoduto no futuro. A Figura 31 ilustra o uso das tecnologias de transporte de gás natural, comparando o volume de gás natural transportado com a distância do transporte.

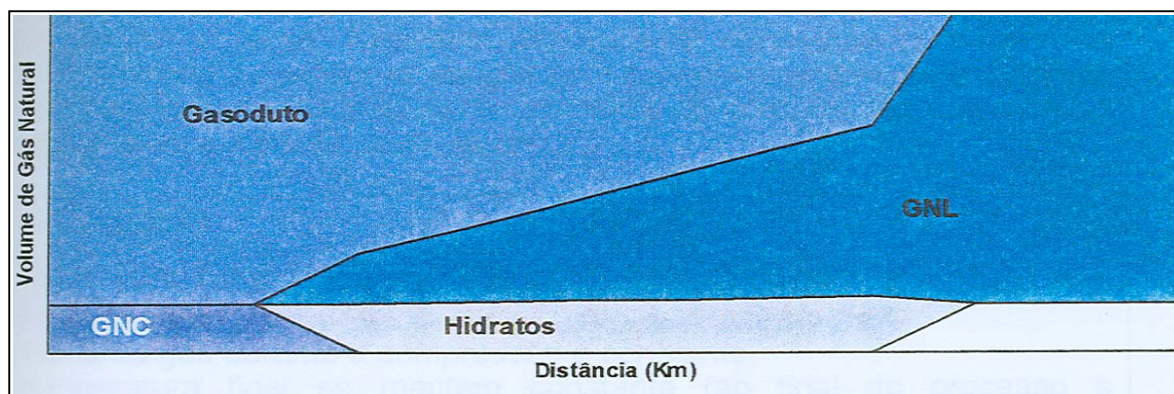


Figura 14 - Comparativo Conceitual entre, GNC, Gasoduto e GNL

Fonte: Petrobras

A tecnologia utilizada no GNC consiste em comprimir o gás natural a pressões da ordem de 220 atmosferas e armazenar em cilindros para transporte ou consumo final. Ao ser submetido a esta pressão e a uma temperatura de 20°C, o gás natural ocupa um volume 268 vezes menor que o volume padrão (1 atmosfera e 20° C). A redução de volume, obtida com a compressão do gás, possibilita o transporte de volumes consideráveis de gás natural.

Para o transporte do GNC são utilizados cilindros especificados para uso com pressões elevadas e acondicionados em caminhões. Os cilindros para transporte do GNC são montados em módulos fixos ou removíveis nos caminhões. A tecnologia do GNC tem como principais limitações tecnológicas o peso e a capacidade dos cilindros para transporte de gás. Nas tecnologias tradicionais, que utiliza cilindros metálicos, o peso do gás natural comprimido transportado é de 11% do peso bruto de um caminhão de 40 toneladas.

Em função das limitações referidas, estão sendo empregados alguns materiais mais leves que o aço carbono e de alta resistência, na fabricação de cilindros. Atualmente, com o emprego dos materiais mais leves que o aço carbono, são fabricados quatro tipos de cilindros:

- Cilindros metálicos;
- Cilindros metálicos com plástico reforçado apenas na porção cilíndrica;
- Cilindros de alumínio totalmente revestidos por plástico reforçado;
- Cilindros plásticos totalmente revestidos por plástico reforçado.

O descarregamento do GNC depende da pressão do gás requerida pelo processo do cliente. Quanto menor for a pressão do processo a ser atendido pelo GNC, mais simples é a tecnologia para o descarregamento.

Para uma indústria, que recebe o gás a uma pressão de 4kgf/cm<sup>2</sup>, o descarregamento é feito diretamente dos cilindros pressurizados para o sistema do cliente, utilizando-se o diferencial de pressão. Devido ao grande diferencial de pressão entre os cilindros de GNC a 220 kgf/cm<sup>2</sup> e o consumo industrial a 4kgf/cm<sup>2</sup>, a pressão deve ser reduzida em cascata e a distância entre as válvulas reguladoras de pressão deve permitir a troca de calor com o meio ambiente. Este tipo de arranjo tem como objetivo evitar a formação de hidratos e tem aproveitamento de 98% do gás contidos nos cilindros.

Quando o cliente de GNC é um posto de GNV cujo processo necessita de uma pressão de 220 kgf/cm<sup>2</sup>, deve-se prever a instalação de uma unidade de compressão. Caso contrário o volume de gás residual nos cilindros das carretas de transporte de GNC será muito grande, que reduzirá significativamente o volume de gás transportado. Portanto, quando o GNC é utilizado para suprir um posto de GNV, deve-se considerar o investimento e o custeio dos sistemas de compressão, tanto na tomada no gasoduto quanto no posto de abastecimento.

### ***3.4.3 Aspectos Operacionais, Logísticos e de Segurança***

Neste tópico foram tratados aspectos gerenciais e descritas recomendações referentes ao negócio de distribuição de GNC a granel, na estrutura demonstrada abaixo:

- a) Gestão, Normas e Procedimentos operacionais
- b) Aspectos de Segurança industrial, Meio ambiente e Saúde Ocupacional
- c) Inspeção
- d) Manutenção
- e) Logística
- f) Competências
- g) Capacitação profissional

### 3.4.4 Análise Econômico-Financeira do Negócio

O objetivo deste capítulo é analisar a viabilidade financeira econômica do negócio GNC, considerando-se três cenários distintos, de acordo com o porte do projeto. Os sistemas de GNC mostram-se atrativos e complementam as demandas que ainda não são supridas pelas malhas de gasodutos, ou que foram interrompidas para manutenção da rede. Foram selecionados três cenários comuns em projetos desta natureza, para análise de sensibilidade do negócio.

No Cenário I, é apresentado um projeto de pequeno porte, com capacidade de entrega de 2.000 m<sup>3</sup>/dia a um cliente, distante 30 km do ponto de abastecimento. No Cenário II o projeto conta com uma capacidade de abastecimento de 12.000 m<sup>3</sup>/dia, para dois clientes a uma distância de 70 km e no Cenário III, é concebido um projeto com vendas de 48.000 m<sup>3</sup>/dia, para quatro consumidores distantes 100 km. São levantados custos típicos de investimentos, as receitas esperadas, os custos operacionais (administrativos, logísticos e tributários) e os principais indicadores econômicos, como taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno do investimento ou *Payback*.

**Tabela 2 - Resumo do Resultado de Cenários de Transporte via GNC**

Cenário (Valor de compra do gás natural)	Preço de venda do gás (R\$ / m <sup>3</sup> )	Investimentos (R\$ mil)	VPL (R\$ mil)	TIR ( % )	Tempo de Retorno (anos)
Cenário I Gás a R\$ 1,03/m <sup>3</sup>	1,10	704,0	-276,0	3,6%	-
	1,30		438,0	23,0%	4
	1,50		1154,0	41,0%	3
Cenário II Gás a R\$ 0,73/m <sup>3</sup>	1,10	1408,0	962,0	24,5%	4
	1,30		3109,0	52%	2
	1,50		5255,0	80%	2
Cenário III Gás a R\$ 0,69/m <sup>3</sup>	1,10	5928,0	-3808,0	-4,88%	-
	1,30		4777,0	43,35%	4
	1,50		13363,0	88,49%	2

Fonte: Elaboração Própria

Da análise dos resultados obtidos com as simulações, verifica-se que o sistema de GNC é competitivo para os três cenários estudados, a partir de R\$ 1,30 por m<sup>3</sup>. Para preço de venda de R\$ 1,10 por m<sup>3</sup>, só é viável o caso de médio porte.

### 3.4.5 Riscos e Incertezas

O transporte de GNC a granel não concorre com o transporte de gás por dutos, ao contrário, complementa-o. Ou seja, o GNC é uma forma de viabilizar o mercado enquanto a rede de dutos não se viabiliza. Uma vez que as Distribuidoras implantem novas malhas de distribuição, os sistemas de GNC são deslocados para atender outros consumidores, ainda não interligados à rede. Por conseguinte, trata-se de negócio com mercado dinâmico e em constante transformação. À medida que as Distribuidoras vão expandindo a rede de distribuição do gás natural canalizado, as Distribuidoras de GNC precisam deslocar o fornecimento de gás para novos consumidores, novamente abrindo mercado e atendendo às expectativas destes clientes. As principais incertezas econômicas e financeiras inerentes aos projetos de GNC são:

- Alterações nos contratos de importação do gás natural boliviano;
- Mudanças na política de preços do gás brasileiro, para se adequar às possíveis mudanças no item anterior;
- Alteração na política cambial;
- Possibilidade de mudanças na legislação tributária, principalmente no ICMS;

- Possibilidade de mudanças nas políticas energéticas. O negócio GNC deve ser entendido como parte integrante destas políticas. Alterações significativas na geração hidráulica, por exemplo, podem influenciar noutras formas de energia, inclusive nas políticas de comercialização do gás natural.

Entretanto, as tendências de expansão do gás natural na matriz energética, com investimentos significativos na exploração e produção, bem como na rede de distribuição, propiciam uma estabilidade maior para o mercado atual e futuro do gás natural.

### **3.5 Projeto GERADIS - Geração Distribuída de Gás Natural**

O termo Geração Distribuída (GD) é utilizado quando existe a geração de energia elétrica junto ou próximo ao consumidor de forma competitiva, independentemente de sua potência, propriedade ou fonte, usando tecnologias de elevada eficiência, notadamente a co-geração. As pequenas centrais hidrelétricas, as termelétricas solares, as usinas eólicas e a co-geração, sob certas condições, também se enquadram nesse conceito de geração distribuída.

As tecnologias advindas e incorporadas à GD e a possibilidade de sua utilização integrada ao Sistema aperfeiçoaram-se após as crises de petróleo, viabilizando formas eficientes de geração, desde as PCHs<sup>5</sup> até as de emprego dos resíduos dos processos industriais. Estas tecnologias, hoje, acham-se disponíveis em quantidades apreciáveis e detentoras de preços decrescentes.

Entre as principais tecnologias de geração distribuída de energia destacam-se as células a combustível, as microturbinas a gás, os motores de combustão interna de baixa emissão, os motores Stirling e os painéis fotovoltaicos.

A maioria dos especialistas da área de energia reconhece que os próximos anos deverão ser caracterizados por um uso diversificado das fontes de energia. O conceito de geração distribuída, começando a ser difundido em sistemas energéticos, aponta para uma participação mais significativa das fontes de energia alternativa na geração de eletricidade para o segmento de serviços e industrial.

Um dos maiores atrativos da geração distribuída para o consumidor está no fato de que a tarifa de energia inclui os custos da transmissão, da distribuição e das perdas de energia no transporte. Em sistemas elétricos onde as distâncias entre o ponto de geração e o de consumo são muito grandes, o preço final para o consumidor pode chegar a até três vezes o valor de geração.

Barreiras culturais, legislativas e normativas, além de questões técnicas importantes, como as decorrentes das interligações excedentes de energia e controle de qualidade, ainda necessitam de tratamento para que a geração distribuída de energia possa se viabilizar plenamente, com benefícios para todos.

O projeto Geração Distribuída de Gás Natural (GERADIS), está sendo executado pelo Centro de Tecnologias do Gás – CTGAS, tem como principal objetivo o desenvolvimento de um programa computacional que avalie o mercado potencial para geração distribuída de energia elétrica a partir de gás natural nos diversos setores econômicos do país: industrial, comercial e público e em todos os estados brasileiros por onde passa à malha de gasodutos. Iniciou-se com o levantamento do estado da arte sobre as tecnologias existentes de geração distribuída e cogeração. Foi adotada uma amostragem por conveniência em que foi utilizado um questionário como instrumento de coleta de

---

<sup>5</sup> Usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e inferior a 30 MW.



informações com o intuito de obter dados sobre a matriz de consumo energético das empresas. As informações geradas serão utilizadas para a construção de uma ferramenta de simulação, a qual permitirá estimar a viabilidade de utilização de geração distribuída para empresas de diferentes portes e atividades econômicas.

O projeto visa ainda a apresentação da localização geográfica das empresas pesquisadas em mapas, a fim de demonstrar o comportamento das indústrias em diferentes regiões do Brasil e permitir a visualização das principais características das indústrias quanto aos segmentos pesquisados nas regiões localizadas em um raio de até 100 km dos gasodutos de transporte.

A colaboração da aluna neste projeto se deve a manipulação no software Arcview da ESRI que permite geoprocessar informações georreferenciando as empresas pesquisadas em mapas, fazendo diferentes mapas de acordo com o andamento do projeto.

Obter informações através de mapas permite a visualização das principais características das indústrias quanto a potencialidade em utilizar gás natural na geração distribuída, destacando os diferentes segmentos industriais pesquisados nas regiões em estudo.

A identificação das empresas (grandes consumidores de energia elétrica que tem potencialidade em fazer uso de geração distribuída a gás natural em seus processos) é de grande interesse das Distribuidoras de Gás Natural que poderão visualizar onde estão diversas empresas até 100km dos gasodutos existentes e focarem seus esforços na interiorização de gasodutos visando atender a um novo nicho de mercado de gás natural que consiste na geração de energia elétrica a partir do gás natural, junto ou próximo ao consumidor de forma competitiva.

## 4 ATIVIDADES REALIZADAS

Neste capítulo, estão descritas as principais atividades realizadas e capacitação adquirida durante o período de trabalho no CTGÁS. Dentre as atividades realizadas nesta área, cita-se:

Participação no desenvolvimento do Projeto Básico de Gasodutos da COPERGÁS (Companhia Pernambucana do Gás). Como parte do Programa de Interiorização do Gás Natural, a COPERGÁS construiu um gasoduto partindo do Gasoduto Nordeste, na altura da cidade do Recife, até a cidade de Araripina no Oeste Pernambucano, incluindo ramais até as cidades de Garanhuns e Petrolina. O CTGÁS teve a responsabilidade, dentro deste projeto, de elaborar o EVTE, o Projeto Conceitual e o Projeto Básico do Trecho Recife-Caruaru.

Participação no projeto intitulado por: “Identificação e Avaliação de Mercados Potenciais para o Gás Natural”, que contempla estudos para interiorização da utilização do gás natural através de Gasodutos Virtuais (GNC e GNL). Este projeto foi executado pelo CTGÁS, atendendo a solicitação do MME – Ministério de Minas e Energia – dando-lhe subsídios para tomadas de decisões estratégicas visando investimentos na área de transporte e distribuição de gás natural.

Destaca-se ainda um serviço que seria realizado para EPE – Empresa de Planejamento Energético, intitulado por: “Avaliar a infra-estrutura de transporte de gás natural no Brasil, considerando, ano a ano, as demandas e ofertas localizadas” que consiste em elaborar um mapeamento dos gasodutos de transporte, estações de compressão e city-gates, com a indicação localizada das vazões de ofertas (entradas) e demandas (saídas) de gás nos respectivos city-gates, ano a ano, até 2015 e demonstrando os gargalos demonstrados através do software de simulação de escoamento de gás. O projeto foi todo estruturado, mas infelizmente não foi possível sua execução por ter participado do processo Licitatório e perdido devido ao valor solicitado pelo serviço.

Foram realizados estudos a respeito do negócio de distribuição do gás natural comprimido (GNC) em atendimento à demanda de informações vindas de empresas que têm interesse em entrar neste ramo. O propósito foi desenvolver uma avaliação mercadológica no ramo de negócio de distribuição do GNC, onde estão contemplados: o marco regulatório, os agentes de mercado e suas influências, as tecnologias envolvidas, os aspectos operacionais e logísticos e os riscos do negócio. O objetivo básico é subsidiar a tomada de decisão relativa ao posicionamento empresarial sobre o negócio GNC. Foram analisadas questões do tipo: como o negócio GNC está estruturado; como o produto GNC interage com outros energéticos, principalmente com óleo diesel, gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), álcool e óleo combustível leve. Foram mostradas também quais são as tendências tecnológicas, os indicadores econômicos, as principais técnicas operacionais e de segurança aplicadas a este mercado e principalmente a modelagem de situações típicas deste tipo de distribuição de gás natural a fim de demonstrar a viabilidade de implantação.

Está sendo executado pelo CTGÁS e financiado pela FINEP e Petrobras um projeto denominado de GERADIS – Geração Distribuída a Gás Natural – que consiste na avaliação de mercado potencial de gás natural por meio de geração distribuída nos segmentos industrial, comercial e público nos estados brasileiros por onde passam a malha de gasodutos. O projeto visa ainda, a demonstração da localização geográfica das empresas pesquisadas e a caracterização do perfil destas empresas, em mapas, a fim de demonstrar o comportamento da indústria em diferentes regiões do Brasil e permitir que os financiadores visualizem as principais características das indústrias, quanto a potencialidade em utilizar gás natural na geração distribuída, destacando-se os diferentes segmentos industriais

pesquisados nas regiões até 100 km dos gasodutos de transporte. A identificação das empresas (grandes consumidores de energia elétrica que tem potencialidade em fazer uso de geração distribuída a gás natural em seus processos) será importante para as Distribuidoras de Gás Natural investirem na interiorização de gasodutos visando atender a um novo nicho de mercado que consiste na geração de energia elétrica a partir do gás natural, junto ou próximo ao consumidor de forma competitiva.

## **5 CAPACITAÇÃO ADQUIRIDA**

Inicialmente houve um período de aprendizagem autodidata dos softwares de Simulação de Malhas de Gasodutos e Redes de Distribuição de Gás que compunha essencialmente antigo LSN e atual GETD. São eles: Synergiee (Advantica) e Pipeline (TGNET). Além disso, foi essencial o conhecimento em AutoCAD (AutoDesk) para contínua modificação em plantas de projetos.

As atividades desenvolvidas no CTGÁS despertam a necessidade de fazer uso de ferramentas gerenciais que auxiliem no acompanhamento de etapas de projetos e criação de diferentes banco de dados que auxiliem na organização de vários tipos de informações e/ou arquivos. Sendo assim, foi adquirida a habilidade de trabalhar com o Project (Microsoft) e o Access (Microsoft).

Foi feito um treinamento para utilização do software de Geoprocessamento Arcview (ESRI). O conhecimento e a utilização deste software SIG<sup>6</sup> tornou-se essencial para profissionais que atuam na área de modelagem de gasodutos, visto que o mercado está exigindo resultado de pesquisas ou simulações demonstradas em mapas georreferenciados. Além disso, observa-se grande satisfação por parte de nossos clientes internos e externos em obter resultados de estudos demonstrados em mapas através de georreferenciamento, cores ou gráficos, caracterizando uma tendência em se remeter respostas aos clientes com auxílio de mapas. Para exemplificar, segue na Figura 15 um mapa dos Gasodutos do Brasil no qual pode ser incorporado diferentes resultados como por exemplo, resultado de simulação de expansão de malha de gasoduto ou, georreferenciamento de empresas pesquisadas em um levantamento de mercado, city-gates, áreas de estudo para implantação de GNC ou GNL, diferentes trabalhos que envolvam logística, dentre outros.

---

<sup>6</sup> SIG (Sistema de Informação Georreferenciada) é um sistema computacional capaz de capturar, armazenar, analisar e apresentar (plotar) informações geograficamente referenciadas (georreferenciadas), ou seja, informações que contenham localização espacial.



**Figura 15 - Exemplo de mapa georeferenciado – Malha de Gasodutos do Brasil**

## 6 CONCLUSÕES

O objetivo principal do Estágio Supervisionado é o de promover um contato inicial com a realidade do que é “Ser Engenheiro”. Uma reflexão a respeito de todo o período dedicado ao CTGÁS faz concluir que a principal dificuldade encontrada, não está na aplicação dos conhecimentos adquiridos e sim em manter a empolgação e o estímulo na execução das atividades diante dos diferentes obstáculos encontrados. Por outro lado, as dificuldades geram maturidade e experiência, proporcionam uma consolidação de conhecimentos e reforçam a capacidade de análise e bom senso.

O período de trabalho no CTGÁS ensinou que a verdadeira formação se dá por meio de aprendizagem autodidata. O interesse pelo conhecimento através de diversas fontes de conhecimento é que torna um Engenheiro especialista em determinada área.

Proporcionou ainda a capacidade de liderança e trabalho em equipe, onde fica a lição de que o gestor deve se envolver em cada atividade e delegar responsabilidades e prazos adequados à realidade de cada um. Ouvir atentamente as diferentes idéias e opiniões e acatá-las quando conveniente. Além disso, deve-se reconhecer os resultados satisfatórios para se adquirir a liberdade de criticar construtivamente os erros sem criar climas de insatisfação.

No quesito, conhecimento de engenharia, ficou claro que o mercado não está preocupado com as especialidades do Engenheiro e sim com sua capacidade de aplicar conhecimentos científicos, empíricos e certas habilitações específicas para atender as diferentes demandas de trabalho. O esforço, dedicação e responsabilidade passam a ser tão importante quanto o conhecimento preexistente.

## **BIBLIOGRAFIA:**

1. ROBERTO ASSEF, **Administração Financeira - Pequenas e Médias Empresas**, 1999, Ed. Campus – 5ª edição, Rio de Janeiro-RJ, 139p.
2. GEORGE OMURA; B. ROBERT CALLORI, **AutoCAD 2000**, 2000, Ed. Makron Books, São Paulo-SP, 333p.
3. CRISTOVAM BUARQUE **Avaliação Econômica de Projetos** 1984 Ed. Campus, Rio de Janeiro-RJ, 266p.
4. SAEED MOAVENI **Finite Element Analysis - Theory and Application..** 1999, Ed. Pentice Hall, New Jersey, 527p.
5. J. PAUL TULLIS **Hydraulics of Pipelines** 1989 Ed. Wiley Inter-Science Canada 266p.
6. JOHN L. KENNEDY **Oil and Gas Pipeline Fundamentals** 1993, Ed. PennWell Books, Tulsa Oklahoma, 366p.
7. E. W. MCALLISTER, EDITOR **Pipe Line Rules of Thumb – Handbook 1998**, Ed. Gulf Publishing Company – 4ª edição, Houston, Texas, 602p.
8. M. MOHITPOUR; H. GOLSHAN; A. MURRAY, **Pipeline Design & Construction - A practical Apprao** 2000, Ed. ASBE Press, New York, 654o.
9. BERNARD P. ZEIGLER; HERBERT PRAEHOFER; TAG GON KIM, **Theory of Modeling and Simulation**, Ed. Academic Press – 2ª edição, San Diego, 510p.
10. Camacho, F. T. **Regulação na indústria de gás natural no Brasil**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2005.
11. Costa, H. H. L. M. **Nova regulamentação da atividade de distribuição de gás natural comprimido a granel**. Rio Oil & Gas, 04 de outubro de 2004.
12. “Tecnologías de Micro-Geração e Sistemas periféricos”. CEETA, Janeiro 2002.
13. Power Tech do Brasil. **Curso de Geração e Cogeração de Energia**, Natal – RN, 2002.
14. PAIVA DE PAULA, Cláudio; **Geração Distribuída e Cogeração no Setor Elétrico: Avaliação Sistêmica de um Plano de Inserção Incentivada** - São Paulo – SP/2004;
15. MEHERWAN, P. Boyce; **GÁS TURBINE HANDBOOK** 2nd ed. – American Society of Mechanical Engineers; Institute of Diesel and Gas Turbine Engineers – UK;
16. **Curso de Geração e Co-geração de energia a Gás** – CTGAS, Natal/RN, 2003.
17. Power Tech do Brasil. **Curso de Geração e Cogeração de Energia**, Natal – RN, 2002.

18. JÚNIOR, Alberto Fontes. “**Avaliação do Comportamento de um Motor a Diesel de Dois Cilindros Convertido para Ciclo Otto, utilizando Gás Natural Veicular**”. Natal, 1994.
19. CESP/PROMON- “**SAEGET Sistema de Análise da Expansão da Geração Termoelétrica - Tecnologias de Geração Termoelétrica**”. São Paulo, 1999.
20. ELETROBRÁS - GCPS/CTEE/GTQG - Grupo de Trabalho de Estudo de Alternativas de Geração no Horizonte Quinquenal - “**Geração Termoelétrica a partir de Combustíveis Fósseis - Avaliação dos Recursos Energéticos e Tecnológicos**” - Relatório de Grupo - Rio de Janeiro - Março 1997.
21. TOMASQUIM, M. T.; SZKLO, A. S. **A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ENERGE, 2000.
22. OVALLE, I.I.; TOLEDO, G. L. **Estatística Básica**, São Paulo: Atlas; 1995
23. CÂMARA, G. Modelos, **Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**, 1995. Tese de PHD, INPE, São José dos Campos, SP.
24. CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A. ; HERMELY, A.S. ; MAGALHÃES, G.C. ; MEDEIROS, C.M.B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba, PA: Sagres Editora, 1997.
25. CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**, São José dos Campos: INPE, v. I, 2001.
26. CIFERRI, R.R. **Um Benchmark Voltado para a Análise de Desempenho de Sistemas de Informações Geográficas**, 1995. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP.
27. DAVIS, C. Geometria Computacional para Sistemas de Informação Geográfica. INPE v. IV, 1999.
28. DAVIS, C.; CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; QUEIROZ, G.R. **Banco de Dados Geográficos**. Brasília: INPE, v. III, 2004.
29. DINIZ, J.H; QUADROS, S.V.T.; GARCIA, J.L.A.; LOBO, A.R.; FERREIRA, A.C.; CAIRES, M.I.: **Célula à Combustível de Polímero Condutor Iônico**. 1º. Citenel. Brasília. 2001.
30. DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, v. II, 2004.
31. GARCIA, F.P.; ALENCAR, V.C. **Introdução a Geoprocessamento**. Apostila de Curso, Fundação Parque Tecnológico da Paraíba, Campina Grande, 1994.
32. GOMES, J.M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio de Janeiro: SBM, 1995.

33. GOODCHILD, M.F.; ENGENHOFER, M.J.; FEGEAS, R. *Report of a Specialist Meeting Held under the Auspices of the Varenius Project*. Em Anais, Interoperating GISs, Santa Barbara, California, 1997.
34. PASSOS, I.D.F.C., **Validação com Proposta de Extensão do Modelo de Dados Geográficos Mgeo+**, 1996. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba.
35. PORTARIA ANP Nº 243, de 18.10.2000 – DOU 19.10.2000 – republicada DOU 7.11.2003 (2003);
36. PORTARIA Nº 118, de 11.7.2000 - DOU 12.7.2000 (2000);
37. RODRIGUES, Bruno. “**Gasoduto Virtual uma Alternativa para Expansão do Uso do Gás Natural**”. Trabalho de Fim de Curso para Obtenção do Título de Administrador de Empresas. Universidade Paulista - UNIP - São José do Rio Preto) (2004), p. 36. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br>>. Acesso em: 11/04/2005.
38. CAMERON, A.C. e P.K. Trivedi (2005) “Microeconometrics: methods and applications” Cambridge University Press
39. ELTINGE, J.L. e W.M.Sribney (1996) “Estimation of means, totals, ratios, and proportions for survey data” Stata Technical Bulletin 31:6-23
40. MOONEY, C. e Duval, R. “Bootstrapping: a non parametrical approach to statistical inference” Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, nº 95. (1993)
41. DUVAL, R. “Monte Carlo simulation” Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, nº 116. (1997)



## REFERÊNCIAS:

1. Norma Petrobras N-2177 - Projeto de Cruzamento e Travessia de Duto Terrestre;
2. Norma Petrobras N-1190 - Cercas e Portões
3. Norma Petrobrás N-505 - Lançador e Recebedor de “Pig” para Dutos Submarinos e Terrestres;
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12790: Cilindro de aço especificado, sem costura, para armazenagem e transporte de gases a alta pressão. Rio de Janeiro, Março de 1995.
5. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Derivados. Disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acessado em julho de 2006.
6. Agibras. Disponível em <http://www.agibras.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
7. Aspro. Disponível em <http://www.aspro.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
8. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (ABEGÁS). Disponível em <http://www.abegas.org.br>. Acessado em julho de 2006.
9. Centro de Tecnologias do Gás. Disponível em <http://www.ctgas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
10. COMGÁS. Tarifas do gás natural canalizado. Disponível em <http://www.comgas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
11. Compac made to measure. Disponível em <http://www.compac.co.nz/>. Acessado em julho de 2006.
12. Fuel Maker. Disponível em <http://www.fuelmaker.com/>. Acessado em julho de 2006.
13. Galileo. Disponível em <http://www.galileoar.com/>. Acessado em julho de 2006.
14. Gasnet – Website sobre gás natural. Disponível em <http://www.gasnet.com.br>. Acessado em julho de 2006.
15. Igás. Disponível em <http://www.igas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
16. Instituto Brasileiro de Petróleo. Disponível em <http://www.ibp.org.br>. Acessado em julho de 2006.
17. Junqueira compressores e máquinas LTDA. Disponível em <http://www.gnvcompressores.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
18. Knox Stern. Disponível em <http://www.knox-western.com/>. Acessado em julho de 2006.
19. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2006 – Resultados Preliminares ano base 2005. Rio de Janeiro, maio de 2006.

20. Movitec Compressores. Disponível em <http://www.moviteccompressores.com.br/>. Acessado em julho de 2006.
21. Neogás. Disponível em <http://www.neogas.com.br>. Acessado em julho de 2006.
22. Oliveira, D. P. R. Manual de avaliação de empresas e negócios. Editora Atlas. São Paulo, 2004.
23. Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras. Plano de Negócios 2007-2011. Disponível em <http://www.petrobras.com.br>. Acessado em julho de 2006.
24. Ullit. Disponível em <http://www.ullit.com>. Acessado em julho de 2006.
25. White Martins. Informações sobre sistemas de GNC. Disponível em <http://www.whitemartins.com.br>. Acessado em julho de 2006.
26. VALOR 1000. Anuário de Negócios, São Paulo, n. 4, jun. 2004. Edição Especial.
27. BALANÇO Energético do Paraná. Anuário Energético, COPEL, Curitiba, set. 2004.
28. BALANÇO Energético Nacional 2004. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2004.
29. MINISTÉRIO de Minas E Energia. Disponível em <http://www.mme.gov.br> Acesso em: 10 mar. 2005
30. ASSOCIAÇÃO Nacional da Indústria Cerâmica. Disponível em <http://www.anicer.com.br> Acesso em: 11 mar. 2005.
31. ASSOCIAÇÃO Brasileira de Metalurgia e Materiais. Disponível em <http://www.abmbrasil.com.br> Acesso em: 13 mar. 2005.
32. ASSOCIAÇÃO Brasileira da Indústria Química. Disponível em <http://www.abiquim.com.br> Acesso em: 13 mar. 2005.
33. SINDICATO Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em <http://www.sindicatodocimento.com.br> Acesso em: 14 mar. 2005.
34. ASSOCIAÇÃO Brasileira das Indústrias de Alimentação. Disponível em <http://www.abia.org.br> Acesso em: 15 mar. 2005.
35. RINEHART, R. Overview of the SDTS Document. Disponível em <http://mcmcweb.er.usgs.gov/sdts/standard.html>, United States Geological Survey. Acessado em 02 fev. 2005.
36. ALMEIDA, Edmar. “Potencial de Difusão do GNC e GNL no Brasil”. Artigo publicado no Boletim Infopetro, (2005). Disponível em: <http://www.gasnet.com.br>. Acesso em: 01/09/2005.
37. Cadastro Industrial das Federações dos Estados de BA, ES, MG, PR, RJ, RS, SC e SP.
38. RAIS - Relação Anual de Informações Sociais. Disponível em: <http://www.rais.gov.br>

39. Valores referentes a preços de combustíveis (Dados do mês de outubro). Disponível em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br) Acessado em: 18/10/2005.
40. ABIQUIM - Anuário Estatístico da Indústria Química Brasileira (2004).
41. ABM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - Disponível em: <http://www.abmbrasil.com.br> (2005)
42. IBS - Instituto brasileiro de siderurgia - Disponível em: <http://www.ibs.org.br> (2005)