

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Área de Planejamento de Sistemas Energéticos**

**ANÁLISE DO USO E DAS POSSIBILIDADES DO GÁS METANO FÓSSIL E DE  
BIODIGESTÃO NAS FROTAS DE VEÍCULOS EM SÃO PAULO E OUTRAS  
REGIÕES, NOS ANOS 90**

**Autor: Marcelo Carlos Barbeli**

**Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho**

Dissertação apresentada à comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

**Campinas, fevereiro de 1998.**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR MARCELO CARLOS  
BARBELI E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 18/fev/1998

Arsênio Oswaldo Sevá Filho  
ORIENTADOR

5815694  
B232a

34553/BC

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	34553
B232a	395/98
	0 <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	30/07/98
N.º CPD	

CM-00113786-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B232a

Barbeli, Marcelo Carlos

Análise do uso e das possibilidades do gás metano fósil e de biodigestão nas frotas de veículos em São Paulo e outras regiões, nos anos 90. / Marcelo Carlos Barbeli.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Arsênio Oswaldo Sevá Filho  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Metano. 2. Combustíveis fósseis. 3. Veículos a motor - Frotas. I. Sevá Filho, Arsênio Oswaldo. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Área de Planejamento de Sistemas Energéticos**

**Dissertação de Mestrado**

**ANÁLISE DO USO E DAS POSSIBILIDADES DO GÁS METANO FÓSSIL E DE  
BIODIGESTÃO NAS FROTAS DE VEÍCULOS EM SÃO PAULO E OUTRAS  
REGIÕES, NOS ANOS 90**

**Autor: Marcelo Carlos Barbeli**



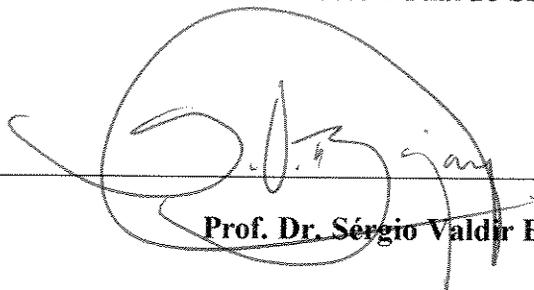
---

**Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho**



---

**Prof. Dr. Electo Eduardo Silva Lora**



---

**Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay**

**Campinas, 17 de fevereiro de 1998.**

## **AGRADECIMENTOS**

A produção de uma dissertação de mestrado, apesar de parecer um trabalho simples, exige dedicação, paciência, disciplina, e principalmente, amor ao que está se fazendo.

Durante o curso e a realização do trabalho, muitas pessoas auxiliam de alguma maneira, por mais simples que seja. Assim, uma conversa ou uma opinião podem fazer a diferença na elaboração do trabalho. A vocês anônimos, muito abrigado!

Em primeiro lugar, devo agradecer a essas pessoas, que mesmo sem ser citadas aqui, com certeza contribuíram muito para o trabalho.

Um agradecimento especial, no entanto, deve ser feito ao professor Sevá. Através de sua dedicação, competência, paciência e compreensão em todas as fases deste trabalho, foi possível o desenvolvimento e término da dissertação.

Agradeço aos meus pais e toda a família, que num primeiro momento, consideraram loucura o abandono do mercado de trabalho para dedicação exclusivamente ao meu desenvolvimento acadêmico. O apoio recebido de vocês durante todo o transcorrer deste trabalho foi de fundamental importância.

Finalmente, agradeço a minha esposa Adriana pela paciência e compreensão ao longo do trabalho. Sua ajuda, principalmente na fase final do trabalho, foi fundamental.

A todos vocês, obrigado por me ajudarem a chegar até a este ponto.

*“Não há nada mais difícil de executar e perigoso de manejar (e de êxito mais duvidoso) do que a instituição de uma nova ordem de coisas. Quem toma tal iniciativa adquire a inimizade de todos que são beneficiados pela ordem antiga, e é defendido sem muito calor por todos os que seriam beneficiados pela nova ordem - falta de calor que se explica . . . em parte pela incredulidade dos homens. Estes, com efeito não acreditam nas coisas novas até que as experimentam; portanto, aqueles que a rejeitam, todas as vezes que podem atacá-las, o fazem com empenho, e os que a defendem, defendem-nas tepidamente, de modo que a seu lado se tem uma posição pouco firme”.*

**Nicoló Machiaveli**

## Sumário

Sumário .....	i
Relação de figuras .....	iv
Relação de tabelas .....	v
Relação de siglas e glossário .....	vi
Resumo .....	ix
Abstract .....	x

<b>Metodologia da pesquisa e estrutura da dissertação .....</b>	<b>1</b>
---	----------

### Capítulo 1

#### **Combustíveis e transporte rodoviário urbano no Brasil**

1.1. Introdução .....	8
1.2. A estrutura de Refino Brasileira .....	9
1.3. Problemas recentes no suprimento de combustíveis no Brasil .....	10
1.3.1. Óleo Diesel .....	11
1.3.2. Gasolina .....	14
1.3.3. GLP .....	16
1.4. Situação dos Combustíveis Alternativos .....	19
1.4.1. Álcool .....	20
1.4.2. Gás metano de origem fóssil .....	25
1.5. O uso ilegal de GLP no Brasil .....	26
1.6. Combustíveis e transporte rodoviário urbano .....	32

### Capítulo 2

#### **O uso de gás metano em veículos e a situação internacional e brasileira (regional) dos programas de GNV**

2.1. Introdução .....	35
2.2. O uso do gás metano em complemento aos combustíveis tradicionais nos meios de transporte rodoviário urbano .....	36
2.3. Os programas de GNV em alguns países .....	37
2.3.1. Argentina .....	39
2.3.2. Itália .....	40

2.3.3. Estados Unidos .....	41
2.3.4. Canadá .....	42
2.3.5. Japão .....	43
2.3.6. Alemanha .....	44
2.3.7. Inglaterra .....	46
2.3.8. Venezuela .....	47
2.4. Os programas regionais de GNV no Brasil .....	48
2.4.1. Rio de Janeiro .....	50
2.4.2. Natal .....	54
2.4.3. Aracaju .....	55
2.4.4. Salvador .....	56
2.4.5. Recife .....	56

### **Capítulo 3**

#### **O suprimento de derivados e a utilização do gás metano (fóssil e de biomassa) em São Paulo**

3.1. Introdução.....	59
3.2. Transportes coletivos urbanos na cidade de São Paulo .....	59
3.3. Os problemas ambientais na RMSP causados pelo uso de derivados de petróleo no transporte urbano .....	61
3.4. O suprimento de derivados no estado de São Paulo .....	65
3.5. O uso ilegal de GLP n estado de São Paulo .....	68
3.6. O programa de utilização de GNV na cidade de São Paulo .....	70
3.6.1. Possibilidades da utilização do GNV no estado de São Paulo .....	74
3.7. O gás metano de vinhaça .....	77
3.7.1. Utilizações do gás metano de vinhaça .....	78
3.7.2. O gás metano renovável no Brasil .....	79
3.7.3. Destilaria São João - Um estudo de caso .....	80

### **Capítulo 4**

#### **Aspectos técnicos, econômicos e ambientais do uso de gás metano em veículos**

4.1. Introdução .....	83
-----------------------	----

4.2. Utilização de gás metano em veículos .....	84
4.3. Aspectos técnicos da conversão de motores para uso de gás metano .....	84
4.3.1. O kit para conversão e seu funcionamento .....	89
4.4. Veículos movidos a gás metano .....	94
4.4.1. Análise do ponto de vista da emissão de poluentes .....	96
4.4.2. Complementação do uso da gasolina ou álcool pelo gás metano: análise do ponto de vista técnico e econômico .....	101
4.4.3. Complementação do uso de óleo diesel pelo gás metano em ônibus urbanos .....	103

## **Capítulo 5**

### **Dificuldades para um maior uso de gás metano em veículos nos anos 90**

5.1. Introdução .....	107
5.2. Possibilidades de complementação do uso do óleo diesel na frota canavieira .....	108
5.3. Dificuldades para o uso do gás metano de vinhaça na frota canavieira .....	110
5.4. Possibilidades de expansão do uso de GNV no Brasil .....	113
5.4.1. Infra-estrutura de produção e distribuição do gás natural no Brasil .....	115
5.4.2. Oferta de gás natural no Brasil .....	122
5.4.3. Política de preços para o gás natural veicular - GNV .....	126
5.5. Considerações sobre as dificuldades para um maior uso de gás metano em veículos nos anos 90 .....	128
<b>Conclusão</b> .....	131
<b>Bibliografia Citada</b> .....	136
<b>Bibliografia Consultada</b> .....	142

### **Anexos**

## Relação de Figuras

### Capítulo 1

Figura 1.1. Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de óleo diesel no Brasil em 1966 .....	12
Figura 1.2. Evolução do suprimento de óleo diesel no Brasil .....	13
Figura 1.3. Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de gasolina no Brasil em 1996 .....	15
Figura 1.4. Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de GLP no Brasil em 1996 .....	17
Figura 1.5. Evolução do suprimento de GLP no Brasil .....	18
Figura 1.6. Desenvolvimento qualitativo das emissões de descarga de um motor ICE em função do teor da mistura .....	22
Figura 1.7. Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de Etanol no Brasil em 1996 .....	23
Figura 1.8. Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de gás natural no Brasil em 1996 .....	25

### Capítulo 2

Figura 2.1. Consumo de GNV pelos veículos leves no Rio de Janeiro no período de 1994 a 1996 .....	52
Figura 2.2. Consumo de GNV pelos veículos pesados no Rio de Janeiro no período de 1994 a 1996 .....	53

### Capítulo 3

Figura 3.1. Participação relativa de poluentes, segundo fontes de emissão, na RMSP em 1996 .....	62
Figura 3.2. Evolução do consumo de GNV pelos veículos leves na cidade de São Paulo no período de 1994 a 1996 .....	72
Figura 3.3. Evolução do consumo de GNV pelos veículos pesados na cidade de São Paulo no período de 1994 a 1996 .....	73
Figura 3.4. Previsão para distribuição do gás natural no estado de São Paulo .....	76

### Capítulo 4

Figura 4.1. Componentes do sistema de conversão para GNV .....	90
Figura 4.2. Limites de emissões de poluentes estabelecidos pelo PROCONVE no Brasil .....	97

### Capítulo 5

Figura 5.1. Malha de gasodutos existentes no Brasil em 1994 .....	117
Figura 5.2. Configuração do sistema de produção e escoamento de gás natural da bacia de Campos .....	119

Figura 5.3. Configuração do sistema de produção e escoamento de gás natural da bacia de Santos .....	120
---	-----

## Relação de Tabelas

### Capítulo 1

Tabela 1.1. Estrutura de consumo de derivados de petróleo no Brasil em % .....	9
Tabela 1.2. Estrutura de produção de derivados de petróleo no Brasil em % .....	9
Tabela 1.3. Estados brasileiros que apresentam maior consumo clandestino de GLP .	28
Tabela 1.4. Maiores consumos percapta de GLP por município em 1988 no Brasil, exceto do estado de São Paulo .....	29
Tabela 1.5. Distribuição dos 80 municípios com maior potencial de economia de GLP no Brasil .....	30
Tabela 1.6. Participação dos combustíveis utilizados no setor de transporte rodoviário no Brasil, em % .....	33

### Capítulo 2

Tabela 2.1. Frota e postos de abastecimento de GNV no mundo em 1996 .....	39
Tabela 2.2. Situação dos programas de GNV no Brasil em 1996 .....	49
Tabela 2.3. Volumes de GNV consumidos em setembro/96 no Brasil .....	49
Tabela 2.4. Número de consumidores de GN no Rio de Janeiro em 1996 .....	52

### Capítulo 3

Tabela 3.1. Evolução da demanda de passageiros na RMSP (x 1000 passageiros) .....	60
Tabela 3.2. Composição da frota metropolitana de veículos, em unidades .....	61
Tabela 3.3. Estimativa de Emissão de Fontes de Poluentes na RMSP em 1995 (1000 t/ano) .....	62
Tabela 3.4. Emissões de poluentes pelas fontes móveis na RMSP em 1995 (1000 t/ano) .....	63
Tabela 3.5. Algumas cidades suspeitas de uso indevido de GLP no estado de São Paulo em 1994 .....	69
Tabela 3.6. Número de consumidores de gás natural no estado de São Paulo .....	71
Tabela 3.7. Dados da frota da Destilaria São João (relativo a safra 93/94) .....	80

### Capítulo 4

Tabela 4.1. Principais diferenças entre combustíveis gasosos e líquidos quando usados em um motor de ignição por centelha (carburado) .....	89
Tabela 4.2. Características do cilindro de gás para veículos .....	92
Tabela 4.3. Componentes do kit de conversão e suas funções .....	94
Tabela 4.4. Comparação do uso de diferentes combustíveis num automóvel Kadett 1.8 EFI/MPGI .....	95

Tabela 4.5. Emissões médias de poluentes nos veículos nacionais (g/km/veículo) .....	101
Tabela 4.6. Custo de cada combustível quando utilizado num automóvel kadett MPI/MPGI 1.8 .....	102
Tabela 4.7. Comparativo de emissões entre ônibus a diesel e ônibus a gás (g/km) .....	105

## Capítulo 5

Tabela 5.1. Participação de cada equipamento no consumo de óleo diesel na lavoura canavieira em 1992 .....	109
Tabela 5.2. Custos de produção do gás metano de vinhaça (processo BIOTIM Z) .....	112
Tabela 5.3. Capacidade e produção das UPGNs brasileiras em 1996 .....	121
Tabela 5.4. Demanda de GN projetada pelo PLANGÁS em 1987 considerando os anos de 1991 e 1995 .....	123
Tabela 5.5. Consumo de combustíveis pelo setor de transporte rodoviário no Brasil em 1996 .....	124
Tabela 5.6. Aproveitamento e perdas de gás natural no Brasil (em milhões de m <sup>3</sup> ) ....	125

## Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

ASFOR - Asfalto Fortaleza

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

BEESP - Balanço Energético do Estado de São Paulo

BEN - Balanço Energético Nacional

BIOGÁS - mistura de gases composta por gás metano, CO<sub>2</sub> e ácido sulfídrico, resultante da biodigestão anaeróbia da vinhaça

CEG - Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro

CET - Companhia de Engenharia de Tráfego

CMTC - Companhia Municipal de Transporte Coletivo de São Paulo

CO - Monóxido de carbono

COMGÁS - Companhia Estadual de Gás de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPERSUCAR - Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo

COPPE - UFRJ - Coordenação dos Programas de Pós Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro

CTC - Companhia de Transportes Coletivos do Rio de Janeiro

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DEPRO - Departamento de Produção da PETROBRÁS  
DETRAN - Departamento de Trânsito  
DNC - Departamento Nacional de Combustíveis  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
DTCS - Dutos e Terminais do Centro Sul e São Paulo  
EBTU - Empresa Brasileira de Transportes Urbanos  
EFI - Eletronic Fuel Injection  
EPA - Environmental Protection Agency  
GASPAL - Gasoduto que liga São Paulo/Rio de Janeiro  
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo  
GM do Brasil - General Motors do Brasil  
GN - Gás Natural  
GNC - Gás Natural Comprimido  
GNV - Gás Natural Veicular  
HC - Hidrocarbonetos  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo  
K - Potássio  
LGN - Líquidos de Gás Natural  
N - Sódio  
MME - Ministério das Minas e Energia  
MP - Material Particulado  
MPGI - Multi Point Gas Injection  
NBR - Normas Brasileiras  
NMHC - Hidrocarbonetos Não Metano  
NOx - Óxidos de Nitrogênio  
P - Fósforo  
PAISA SA - Penedo Agro Indústria S. A.  
PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.

PIB - Produto Interno Bruto

PLANGÁS - Plano Nacional do Gás Natural

PMA - Percurso Médio Anual

PROÁLCOOL - Programa Nacional do Alcool

PROCONVE - Programa de Controle de Emissões em Veículos

PSE-UNICAMP - Planejamento de Sistemas Energéticos-Universidade Estadual de Campinas

RECAP - Refinaria de Capuava

RPBC - Refinaria Presidente Bernardes Cubatão

REPLAN - Refinaria do Planalto (Paulínia-SP)

REVAP - Refinaria Henrique Lage (São José dos Campos-SP)

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SABESP - Companhia de Saneamento Básico de São Paulo

SAE - Sociedade Americana de Engenheiros

SINDIGÁS - Sindicato das Empresas de Gás

SO<sub>x</sub> - Óxidos de Enxofre

STT - Sistemas Técnico Territoriais

TEBAR - Terminal Almirante Barroso

TRANSUR - Companhia de Transporte Coletivo de Salvador/BA

UNICA - União Nacional dos Produtores de Açúcar e álcool

UPGN - Unidade de Processamento de Gás Natural

## Resumo

BARBELI, Marcelo Carlos, Análise do Uso e Possibilidades do Gás Metano Fóssil e de Biodigestão nas Frotas de Veículos em São Paulo e Outras Regiões, nos Anos 90, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998, 147 p. Dissertação de Mestrado.

Este trabalho procurou avaliar a situação recente do suprimento de combustíveis e a possibilidade de uso do gás metano nos meios de transporte rodoviário urbano, em complemento aos combustíveis tradicionais. O autor constata problemas quanto ao suprimento de óleo diesel, gasolina e GLP, mostrando que a estrutura de produção brasileira de derivados é insuficiente ao atendimento do mercado nacional e detecta o uso clandestino do GLP em veículos. Em contrapartida, analisa o gás natural na tentativa de provar sua viabilidade na complementação do uso de derivados nos meios de transporte rodoviário urbano. Descobre uma situação de desperdício do gás natural e aponta a PETROBRÁS como a responsável por esse desperdício. Como resultado, o autor comprova a viabilidade do uso do gás natural como complemento dos combustíveis tradicionais, ressaltando porém, que este processo só pode ocorrer em regiões servidas pelo combustível e com infra-estrutura já disponível.

Palavras Chave

Methane, Fossil Fuels, Vehicles, Fleets

## **Abstract**

BARBELI, Marcelo Carlos, Analysis of the Use and Possibility for Fossil Methane and Biogas in the Vehicles Fleet at São Paulo and Others Regions in the Ninety Years, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998, 147 p. Dissertação de Mestrado.

This research work tried to assess the recent situation of fuel supplies and the possibility of usage of methane on the urban road transport, as a complement to the traditional fuels. The author finds problems with the diesel oil, gas and LPG supplies, showing that the Brazilian structure of oil products isn't enough for the supply of the national market and detects the surreptitious usage of LPG in vehicles. On the other hand, the natural gas is evaluated to check its viability on the complementation of usage of petroleum products in the urban road transport. A situation of wastage of natural gas is found and PETROBRAS is the responsible for this wastage. As a result, the author proves the viability of usage of natural gas as a complement to the traditional fuels emphasizing though that this process can only occur in regions, served by the fuel and with some infrastructure already available.

### **Key Words**

Methane, Fossil Fuels, Vehicles, Fleets

## **Metodologia da Pesquisa e Estrutura da Dissertação**

O desenvolvimento da pesquisa que resultou nesta dissertação de mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos partiu de um interesse em estudar as possibilidades do uso de combustíveis gasosos em parte da frota rodoviária urbana de determinadas regiões brasileiras.

A idéia inicial foi estudar a substituição parcial do óleo diesel pelo gás metano de origem fóssil nos meios de transporte rodoviário urbano. Esta substituição se justifica pelos problemas de ordem produtiva, apresentados pelo óleo diesel na estrutura de refino da PETROBRÁS.

Com o desenvolvimento do trabalho, outras questões surgiram e o campo da pesquisa foi ampliado.

Foi constatado que, além do óleo diesel, a gasolina e principalmente o GLP apresentavam problemas na estrutura de produção de derivados das refinarias brasileiras.

Diante deste quadro, houve a necessidade de um estudo mais amplo da matriz brasileira de combustíveis, da utilização dos derivados, dos combustíveis alternativos que talvez pudessem ter uma participação maior nos meios de transporte rodoviário urbano, da elevada utilização clandestina do GLP em veículos e várias outras questões relacionadas ao suprimento de combustíveis no Brasil.

A possibilidade do uso de combustíveis gasosos em motores chamou a atenção e os fatores tecnológicos referentes à conversão de motores foram considerados e estudados.

A constatação de um alto consumo de óleo diesel no setor agrícola, principalmente na lavoura canavieira, foi responsável pelo desenvolvimento de um

estudo sobre as possibilidades do uso de gás metano renovável, obtido da biodigestão da vinhaça, na frota canavieira.

Em razão da importância do assunto, este trabalho não poderia deixar de abordar uma questão considerada de fundamental importância no planejamento energético, ou seja, os impactos ambientais decorrentes da queima de combustíveis fósseis. Assim, uma das contribuições dessa dissertação é tentar mostrar que o uso de gás metano em ônibus urbanos pode solucionar parte do problema da emissão de poluentes, principalmente em grandes centros urbanos. O problema ambiental decorrente de emissões em ônibus urbanos e outros meios de transporte rodoviário é tão importante que outros trabalhos sobre o assunto têm sido feitos mostrando a necessidade de pesquisas sobre o tema. Portanto, esta dissertação tem como objetivo mostrar que o gás metano pode ser utilizado como complemento ao uso do óleo diesel e outros combustíveis tradicionais utilizados nos meios de transporte rodoviário contribuindo para melhora das condições ambientais e da estrutura de refino brasileira.

Para que todas essas questões fossem respondidas, atendendo as necessidades e extensão dessa pesquisa, foram desenvolvidas duas metodologias de trabalho:

- pesquisa acadêmica: realizada nos centros de excelência UNICAMP e COPPE-UFRJ, através do estudo de trabalhos técnicos, teses, artigos de congresso, livros e outras fontes.

- pesquisa de campo: realizada nas dependências da estatal PETROBRÁS, Oficinas Convertedoras e Indústrias Sucroalcooleiras.

Na etapa de campo da pesquisa, poucas foram as dificuldades encontradas. Todas as empresas visitadas não ofereceram nenhuma resistência ao desenvolvimento da pesquisa.

A estatal PETROBRÁS colaborou permitindo visitas ao DTCS - Dutos e Terminais do Centro Sul e São Paulo, sediado em Utinga e na REPLAN em Paulínia. A partir destas visitas, foram agendadas reuniões com o corpo técnico das unidades visitadas, bem como, com técnicos da BR Distribuidora. Nesta etapa, foi possível obter dados relativos ao suprimento de combustíveis, logística e distribuição de derivados.

Em relação aos dados técnicos de motores, conversões, uso do Kit de gás e desempenho de veículos, a convertedora SILEX CONVERGAS apresentou-se como excelente fonte de dados, permitindo o livre acesso às suas dependências.

A etapa realizada na agroindústria canavieira serviu como base na aquisição de informações referentes à produção e utilização do gás metano obtido da vinhaça. A Destilaria São João, pertencente ao grupo Dedini, foi a unidade industrial escolhida para o desenvolvimento da parte do trabalho referente à substituição do óleo diesel pelo gás metano de vinhaça, em virtude de uma planta de biodigestão instalada em sua unidade e do uso do gás metano em alguns veículos de sua frota.

Além dessas empresas, fez parte da etapa de campo da pesquisa visitas a postos de abastecimento e serviços no Rio de Janeiro e São Paulo e algumas outras oficinas convertedoras de menor importância. Os dados obtidos na etapa de campo tiveram importante participação em todos os capítulos da dissertação.

A etapa acadêmica da pesquisa foi desenvolvida com base em leituras e estudos de várias publicações em congressos, artigos, dissertações, teses e livros. Algumas dificuldades foram encontradas nesta etapa. Várias referências foram pesquisadas, mas poucas tiveram um papel relevante para o tema central. Existem poucas publicações que tratam do uso de gás metano em veículos no Brasil. Desta maneira, houve necessidade de um levantamento de informações no banco de dados da UNICAMP e no CD ROOM, resultando na aquisição de um bom acervo de artigos e revistas publicados no exterior e

que foram incorporados ao trabalho. Isso proporcionou um certo conhecimento do panorama internacional de programas de uso de gás metano em veículos.

Nesta etapa, foram freqüentados dois grandes centros de excelência:

a) COPPE-UFRJ - Através de pesquisas realizadas no centro de tecnologia, tivemos a oportunidade de efetuar estudos e entrevistas com técnicos e professores do programa de planejamento energético e do programa de engenharia de transportes, bem como uma ampla pesquisa nas bibliotecas destes setores da universidade. Dentre várias referências encontradas, poucas diziam respeito ao assunto em questão.

b) UNICAMP - Nesta universidade, foi dada ênfase no levantamento da produção de vários departamentos, institutos e faculdades. Desta maneira, foram visitados com freqüência, o Instituto de Geociências, o Instituto de Economia, o Centro de Estudos de Engenharia de Petróleo, o Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica e o Instituto de Física.

Com a utilização do sistema automatizado de bibliotecas da universidade e consulta freqüente ao banco de dados e ao CD-ROOM, vários artigos de revistas especializadas foram incorporados ao trabalho de pesquisa e dissertação, o que propiciou um base mais sólida à mesma.

Vários dados foram adquiridos através de consultas a periódicos, ou seja, jornais e revistas. O jornal “Folha de São Paulo” foi importante fonte de consulta. Igualmente importante foram os artigos encontrados em algumas revistas nacionais e estrangeiras.

A etapa acadêmica proporcionou à pesquisa o cunho acadêmico e científico, enquanto a etapa de campo mostrou a realidade “in loco” da utilização de gás metano na frota rodoviária urbana de algumas regiões brasileiras.

Finalmente, vale mencionar e considerar o esforço realizado no estudo do tema, a necessidade de elaboração de resumos, resenhas e considerações, tanto no campo prático mais imediatista quanto no campo teórico mais amplo.

A partir disso é que foi entendido a real necessidade do planejamento energético no setor dos transportes e a esse planejamento creditamos as respostas das perguntas antes formuladas e que somente um estudo do ponto de vista técnico não seria capaz de resolver.

Desta maneira, concretizou-se a estrutura de uma dissertação de Mestrado em Planejamento Energético com questões a investigar e hipóteses a demonstrar.

A forma de linguagem utilizada é, na medida do possível, acessível, procurando não se deixar levar por essa ou aquela disciplina científica e nem pelos “vícios” técnicos inerentes ao assunto. A estrutura da dissertação está dividida de forma simples, em capítulos não muito extensos, porém abrangentes.

Este trabalho é composto por esta apresentação e mais cinco capítulos.

No *Capítulo 1* é elaborado um breve estudo sobre a estrutura de refino e suprimento de combustíveis utilizados nos meios de transporte rodoviário urbano no Brasil.

São feitos balanços simplificados de massa dos principais combustíveis produzidos no Brasil, na tentativa de demonstração do estrangulamento no suprimento de alguns derivados. A utilização de GLP é analisada, tendo sido identificado o uso ilegal de grande volume do derivado em veículos de serviço, utilitários, camionetas e outros.

No *Capítulo 2* são feitas considerações a respeito do uso de gás metano de origem fóssil nos meios de transporte rodoviário urbano. É montado um panorama dos programas de uso de gás metano em veículos em vários países. No Brasil, são mostrados

os programas regionais de uso de gás metano em veículos, na tentativa de dar uma idéia da situação atual desses programas em várias regiões.

No *Capítulo 3* é apresentado um panorama regional, considerando o estado de São Paulo, do suprimento de óleo diesel e GLP e da utilização do gás metano de origem fóssil na frota. O gás metano obtido da biodigestão da vinhaça é analisado como uma alternativa para substituição parcial do óleo diesel utilizado na lavoura canavieira.

No *Capítulo 4* é feita uma ampla discussão técnica a respeito do uso do gás metano nos meios de transporte rodoviário urbano, das características de funcionamento e utilização do Kit de conversão. Da mesma maneira é feita uma análise da complementação do uso de alguns combustíveis (álcool, gasolina e óleo diesel) pelo gás metano de origem fóssil, levando-se em consideração aspectos econômicos, técnicos e, principalmente ambientais.

Para isso são usados dados comparativos de emissões de poluentes entre um motor movido a diesel e um motor movido a gás metano, no caso dos ônibus urbanos.

No *Capítulo 5* é feita uma discussão sobre as possibilidades de expansão do uso de gás metano de origem fóssil ou do gás metano obtido da biodigestão da vinhaça, em parte da frota de algumas regiões brasileiras. São analisadas as possibilidades e dificuldades da substituição parcial do óleo diesel utilizado na produção de álcool pelo gás metano obtido da biodigestão da vinhaça. Da mesma forma, as possibilidades e dificuldades de um maior uso do gás metano de origem fóssil são discutidas levando-se em consideração fatores como: oferta do combustível, infra-estrutura para atendimento dos usuários e política de preços.

O trabalho é finalizado com apontamentos conclusivos, nos quais são discutidos os principais pontos de toda a dissertação. São feitos cálculos simples mostrando as quantidades de alguns poluentes que poderiam deixar de ser emitidas, bem

como os volumes de óleo diesel que poderiam ser economizados na tentativa de eliminação do gargalo da produção.

## ***Capítulo 1***

### **Combustíveis e transporte rodoviário urbano no Brasil**

#### **1.1. Introdução**

A matriz brasileira de combustíveis apresenta, atualmente, problemas relativos ao suprimento de alguns derivados. O mais grave deles talvez seja a situação do GLP, derivado que possui grande importância social e que, em virtude disso, recebe subsídios por parte do governo. Esses subsídios levam a um baixo custo de venda ao consumidor, o que acaba gerando algumas distorções, como uso clandestino e irregular.

O óleo diesel é outro derivado problemático na estrutura de refino do país. Da mesma forma que o GLP, o volume produzido de óleo diesel é insuficiente para o abastecimento do mercado interno. A importação desses derivados torna-se, então, necessária e obrigatória, fazendo com que o país gaste divisas, muitas vezes pagando pelo desperdício desses combustíveis. Desta maneira, o óleo diesel e o GLP podem ser considerados como gargalos na estrutura de refino do país, ditando as regras de produção das refinarias brasileiras.

Neste capítulo, o que se pretende é mostrar esta situação, apresentando o problema através da elaboração de “balanços de massa simplificados” dos combustíveis, estabelecendo, no mínimo, ordens de grandeza referentes à produção, consumo e importação dos derivados. Para se alcançar este objetivo, os cálculos são feitos com base no

Balanço Energético Nacional de 1997 , em cadernos do DEPOR/PETROBRÁS, além do acompanhamento “in loco” da produção através de pesquisa realizada na REPLAN.

## 1.2. A estrutura de refino brasileira

A atual estrutura de refino brasileira está configurada com base na alta demanda interna por óleo diesel e GLP. Estes dois combustíveis apresentam problemas de suprimento, pois os níveis de refino atuais não são suficientes para atender ao consumo interno. Assim pode-se dizer com segurança que o óleo diesel e o GLP ditam as regras na estrutura de refino do país.

**Tabela 1.1** - Estrutura de consumo de derivados de petróleo no Brasil, em %

Derivado	1980	1985	1990	1996
Óleo diesel	31,2	35,3	36,4	35,7
Gasolina	17,1	12,6	13,2	17,8
Óleo combustível	26,2	18,2	17,0	15,5
GLP	6,6	8,5	10,0	9,3
Nafta	3,9	8,3	8,6	8,0
Querosene	4,4	4,3	3,8	3,6

Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Tabela 1.2** - Estrutura de produção de derivados de petróleo no Brasil, em %

Derivado	1980	1985	1990	1996
Óleo diesel	29,4	31,0	34,0	34,5
Gasolina	15,5	18,2	16,8	21,2
Óleo combustível	26,0	18,8	17,7	17,2
GLP	8,5	9,5	9,9	8,9
Nafta	7,5	10,9	11,6	8,5
Querosene	5,9	5,9	4,6	4,6

Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

Apesar da modernização de algumas refinarias brasileiras, com a construção de unidades de hidrotreatamento, unidades de F.C.C. (Fluid Cathalytic Cracking) ou Unidades de Craqueamento Catalítico e unidades UCR (Delayed Coking) ou Unidades de Coqueamento Retardado, o incremento da produção não foi suficiente para atender os níveis internos de consumo do óleo diesel e GLP, sendo necessária a importação desses derivados em volumes cada vez maiores. A partir de 1996 a gasolina passou a enfrentar os mesmos problemas na estrutura de produção de derivados. Em consequência da política de subsídios aplicada para alguns derivados, esta situação tende a se agravar em decorrência do aumento no consumo e do emprego de alguns combustíveis em segmentos econômicos que tradicionalmente não os utilizavam. O GLP é um bom exemplo disso. O fato de ser um combustível subsidiado, portanto barato, tem feito com que ele seja usado em indústrias, aquecimento de saunas e piscinas, clubes, ou de forma ilegal em motores de automóveis, agravando ainda mais a questão do suprimento deste derivado.

Por outro lado, com o aumento da frota de caminhões e ônibus no país e a intensificação da atividade econômica, o consumo de óleo diesel vem aumentando ano a ano, transformando o derivado num gargalo da produção nas refinarias brasileiras.

De maneira individual, os derivados utilizados como combustíveis nos meios de transporte rodoviário são analisados a seguir com base em balanços de massa simplificados.

### **1.3. Problemas recentes no suprimento de combustíveis no Brasil**

O suprimento de derivados de petróleo no Brasil apresenta algumas distorções no que diz respeito à oferta, utilização, importação e exportação.

São considerados como principais o óleo diesel e a gasolina, usados nos meios de transporte rodoviário e o GLP, devido a sua importância social para o país. O álcool, importante combustível utilizado no Brasil, e o gás natural, em decorrência de seu potencial de complementação dos outros, são igualmente analisados.

### **1.3.1. Óleo Diesel**

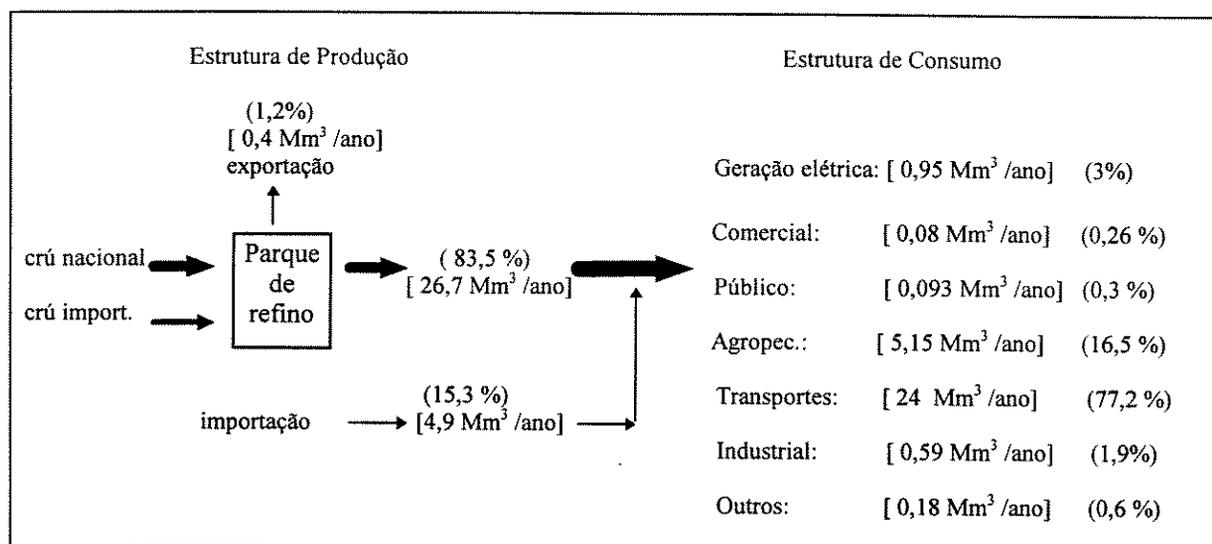
O óleo diesel é um derivado que possui uma importância muito grande no perfil de produção e de consumo na matriz nacional de combustíveis.

Atualmente, a oferta do produto não é suficiente ao atendimento das necessidades do mercado, obrigando o parque de refino a processar volumes de petróleo cada vez maiores.

Esse refino adicional, no entanto, não tem sido suficiente para atender o consumo interno, levando o país a importar petróleos ricos em frações de óleo diesel ou o derivado já processado.

Na tentativa de obtenção de proporções maiores de óleo diesel, as refinarias brasileiras costumavam adicionar a gasolina excedente ou qualquer de suas frações (naftas leves) ao *pool* de óleo diesel, embora esta prática apresente fatores limitantes do ponto de vista operacional. Isso causa no óleo diesel obtido um problema de ordem qualitativa, ocorrendo alterações em certas propriedades como o número de cetano, densidade e viscosidade. Atualmente, a realização deste procedimento é influenciada pelos preços de importação da gasolina e do óleo diesel, já que a produção interna de gasolina, a partir de 1996, também não tem sido suficiente para abastecer o mercado nacional.

A figura 1.1 apresenta um fluxo simplificado do suprimento de óleo diesel no Brasil, considerando o ano de 1996.



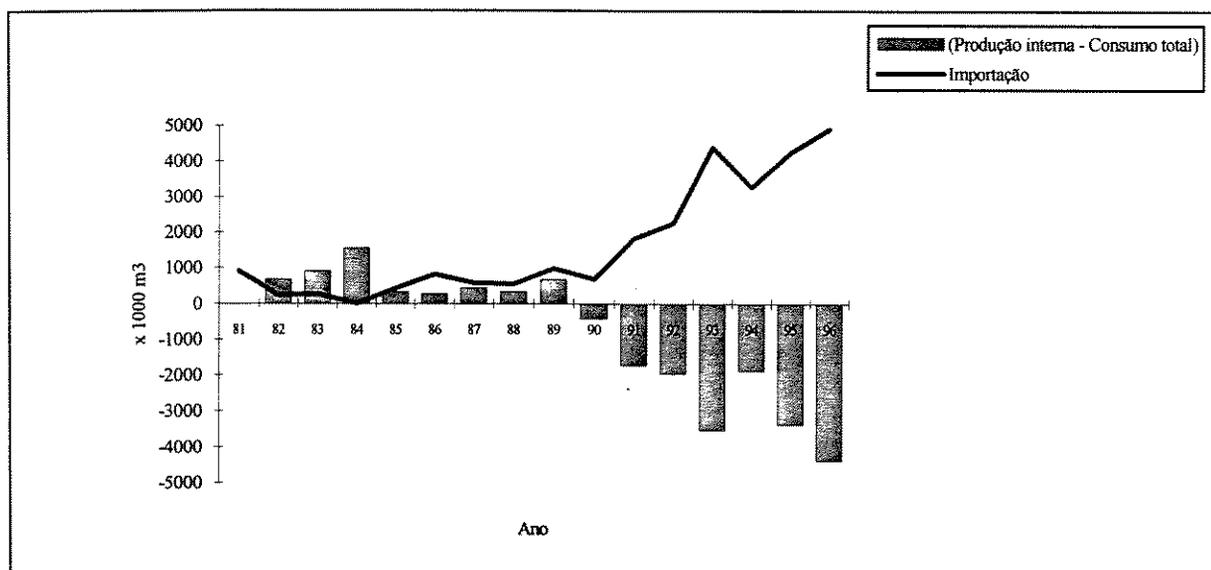
Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Figura 1.1** - Diagrama indicativo do fluxo simplificado de suprimento de óleo diesel no Brasil em 1996.

Através deste “balanço de massa simplificado” é possível observar a necessidade de importação de quantidades superiores a 15% de todo o óleo diesel produzido no país em 1996, para abastecimento do mercado interno.

A estrutura de transportes de carga baseada no modelo rodoviário, com o uso de caminhões, e o transporte coletivo nas cidades brasileiras, amplamente apoiado em frotas de ônibus são os principais fatores que contribuem para essa situação. O problema de suprimento de óleo diesel pode ser melhor entendido através da visualização do comportamento do derivado ao longo dos anos.

A figura 1.2 mostra a diferença entre a produção total e o consumo total de óleo diesel, representado pelo gráfico de barras em confronto com a importação do derivado, expressa pelo gráfico de linha.



Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Figura 1.2** - Evolução do suprimento de óleo diesel no Brasil.

Analisando a figura 1.2 é possível concluir que o suprimento de óleo diesel começou a se tornar problemático na matriz energética na década de 90, vindo a ser considerado um “gargalo” na produção das refinarias brasileiras. A partir de 1990, o consumo superou a produção e as importações dispararam. Desde então, a capacidade de refino da PETROBRÁS não mais comportou o processamento total do petróleo necessário para produção dos volumes exigidos.

A complexidade do abastecimento tende a piorar em virtude da grande variação sazonal do consumo de óleo diesel. Normalmente em cada ano, o segundo semestre apresenta um consumo maior se comparado ao primeiro semestre (PETROBRÁS, 1996: e).

Nos meses de novembro e dezembro o consumo aumenta devido às festividades do natal e ao aumento das atividade econômica, e no período de abril a novembro devido à safra agrícola.

### **1.3.2. Gasolina**

A gasolina é um outro importante combustível que apresentou um aumento considerável de consumo, principalmente nos três últimos anos.

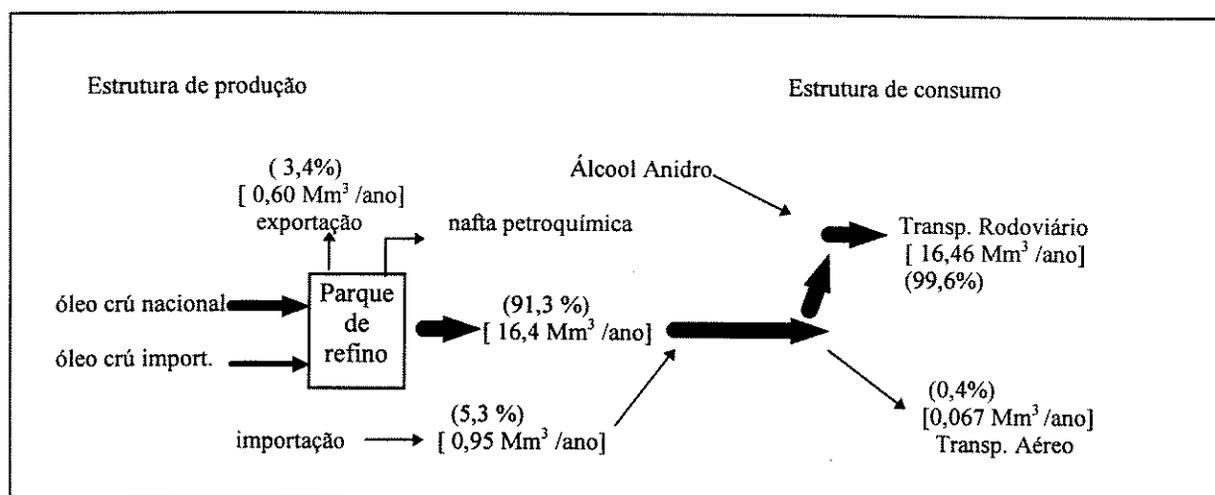
Alguns fatores podem explicar este fato como, por exemplo, uma reação do mercado, com a rejeição por parte do consumidor aos veículos movidos a álcool, em virtude da insegurança quanto ao abastecimento deste combustível. A indústria automobilística praticamente deixou de produzir carros movidos a álcool, readaptando-se ao mercado através de uma mudança de estratégia na qual passou a investir na produção de modelos de 1000 cc, conhecidos como carros populares, somente em *versões movidas a gasolina*. Tais veículos representaram cerca de 66% da produção nacional de automóveis em 1996 (Folha de São Paulo, dez/96).

A liberação das importações de automóveis é um outro fator importante a ser considerado, pois, houve aumento no número de veículos importados rodando no país.

Segundo a ANFAVEA, em 1996 foram importados aproximadamente 224 mil veículos e a estimativa para 1997 era de importação de 300 mil veículos (Folha de São Paulo, set/1997). A maioria destes veículos consomem gasolina.

Ainda pode ser considerada, segundo opinião obtida junto aos técnicos da REPLAN, uma relação direta entre a elevação do consumo de gasolina e a estabilidade econômica criada com a implantação do PLANO REAL.

Atualmente há a necessidade de importação da gasolina, pois os níveis de consumo estão excedendo aos de produção. A figura 1.3 mostra um fluxo simplificado do suprimento de gasolina no Brasil em 1996.



Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Figura 1.3** - Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de gasolina no Brasil em 1996.

De uma certa maneira, a situação atual é nova. Na década de 80 havia grande quantidade de gasolina excedente, que era destinada aos mercados africano e latino americano. Com a instalação de novas refinarias nestes locais, esse excedente deslocou-se

para o mercado norte americano, que em 1988 chegou a absorver 90% do volume exportado do produto (PETROBRÁS, 1994: a).

A quantidade excedente de gasolina verificada na década de 80 ocorreu em virtude de um período de apogeu do álcool como combustível em motores de ciclo Otto.

Esse excedente tornou-se problemático em virtude de dois fatores: dificuldade de armazenamento da gasolina, já que o álcool também usava o mesmo sistema de transporte e armazenamento, e baixos preços da gasolina no mercado internacional naquela época.

Com a crise de abastecimento do álcool no início dos anos 90, o consumo de gasolina começou novamente a se elevar. Houve também uma elevação de produção devido a um aumento das operações de refino, a qual tinha por objetivo, elevar a produção de óleo diesel e GLP.

Esse aumento na produção, porém, não foi suficiente para manter um equilíbrio com o consumo interno. Na tentativa de aumentar a produção de gasolina, as frações de naftas leves estão sendo incorporadas à corrente da gasolina. Esses esforços, contudo, não têm conseguido impedir um avanço nas importações do derivado.

### **1.3.3. Gás Liqüefeito de Petróleo - GLP**

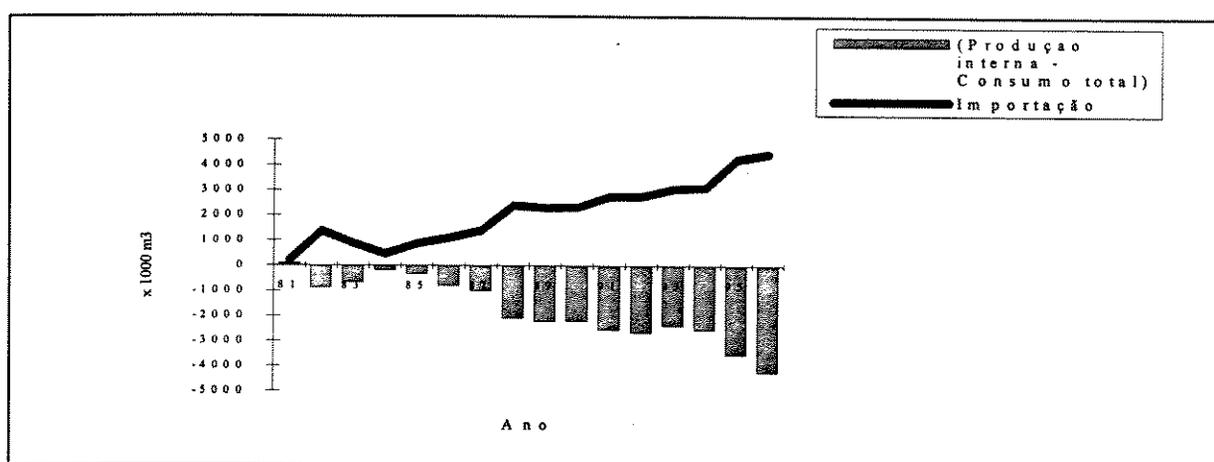
O GLP, da mesma forma que o óleo diesel, tem se transformado nos últimos anos em um combustível “gargalo” na estrutura de refino da PETROBRÁS.

O consumo de GLP no Brasil tem aumentado muito ao longo dos anos, em virtude da política de subsídios à qual é submetido. A justificativa para o subsídio é a importância deste derivado na cocção de alimentos. Tradicionalmente as residências e coletividades



(Macaé, Fortaleza e Urucu) e unidades de craqueamento (FCCs, UCRs), a produção interna não mais conseguiu manter plenamente abastecido o mercado interno, em virtude do aumento progressivo e acentuado do consumo.

A figura 1.5 mostra a evolução do suprimento de GLP no Brasil, reforçando o que foi dito anteriormente. Através da figura é possível perceber que a partir de 1981 a relação entre a produção e o consumo de GLP começou a se tornar problemática (inflexão negativa no gráfico de barras), havendo necessidade de recorrer às importações do derivado de maneira crescente (gráfico de linha).



Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Figura 1.5** - Evolução do suprimento de GLP no Brasil.

As principais causas que contribuíram para o crescimento do consumo interno de GLP foram:

- preços baixos para o consumidor, acarretando o uso em saunas, piscinas aquecidas, motéis e outros usos menos nobres;

- a relação entre o seu preço e o da gasolina, estimulando o seu uso clandestino em motores e o contrabando em regiões de fronteira;

- substituição do óleo combustível pelo GLP em alguns segmentos industriais, principalmente nas indústrias cerâmicas, no processo de acabamento de refratários e vitrificados;

- substituição da lenha para cocção de alimentos.

O GLP, por ser largamente utilizado no setor residencial, com a finalidade de cocção de alimentos, foi submetido a uma política de subsídios, implementada no final da década de 70, vindo a sofrer uma perda real de valor ao longo do tempo. Em consequência disso, outros setores da economia começaram a consumir GLP, o que caracterizou o uso do produto diferentemente dos modos tradicionais.

Desta maneira, o suprimento de GLP é atualmente um grande problema para o país, havendo necessidade de importações do produto em escala crescente.

#### **1.4. Situação dos combustíveis alternativos**

Neste trabalho, o álcool e o gás natural são considerados combustíveis alternativos.

Desta maneira, a situação de cada um deles na matriz energética nacional é investigada, na tentativa de demonstração da estrutura de produção e consumo, bem como do comportamento desses combustíveis de um modo geral, com o objetivo de analisar a sustentabilidade, principalmente do gás natural, como eventual complemento do uso do óleo diesel e da gasolina nos meios de transporte rodoviário urbano.

### 1.4.1. Álcool

Através de uma análise do período compreendido entre 1980 e 1988, época na qual o PROÁLCOOL atingiu o seu auge, e dos dados do Balanço Energético Nacional, é possível estimar que o consumo de combustíveis para motores de ciclo Otto cresceu 48,5%. No mesmo período, a participação da gasolina neste mercado caiu de 81% para 39,5% enquanto o álcool experimentou um incremento de consumo da ordem dos 19% para 60,5% (BEN, 1997).

Desta maneira, existiam quantidades excedentes de álcool, pois sua produção crescia a um ritmo superior ao do consumo de combustíveis para motores de ciclo Otto.

A partir deste descompasso, começaram a ocorrer algumas distorções, dentre as quais, a necessidade de armazenamento, por parte da PETROBRÁS, de quantidades excedentes de álcool e gasolina, causando uma “congestão” no sistema de dutos e tancagem, uma vez que ambos usavam a mesma infra-estrutura. Para resolver este problema, tentou-se a exportação do excedente de álcool carburante. Esta manobra não deu certo, em virtude da adoção de sobretaxas, impostas pelos Estados Unidos sobre o produto.

O problema de armazenamento do álcool esteve sob controle até meados de 1985, quando a PETROBRÁS ainda dispunha de folgas em seu sistema operacional. Com a recuperação do consumo interno de derivados, principalmente da gasolina, este quadro alterou-se significativamente e os sistemas de transporte e armazenamento entraram em colapso.

Com problemas de estrangulamento dos oleodutos e terminais, houve um aumento de transporte rodoviário de combustíveis utilizando caminhões-tanque, ficando a situação

agravada pela quebra da safra do Nordeste (87/88). Pela primeira vez o problema do desabastecimento se fazia presente, prejudicando as regiões mais distantes (Norte e Sul do país).

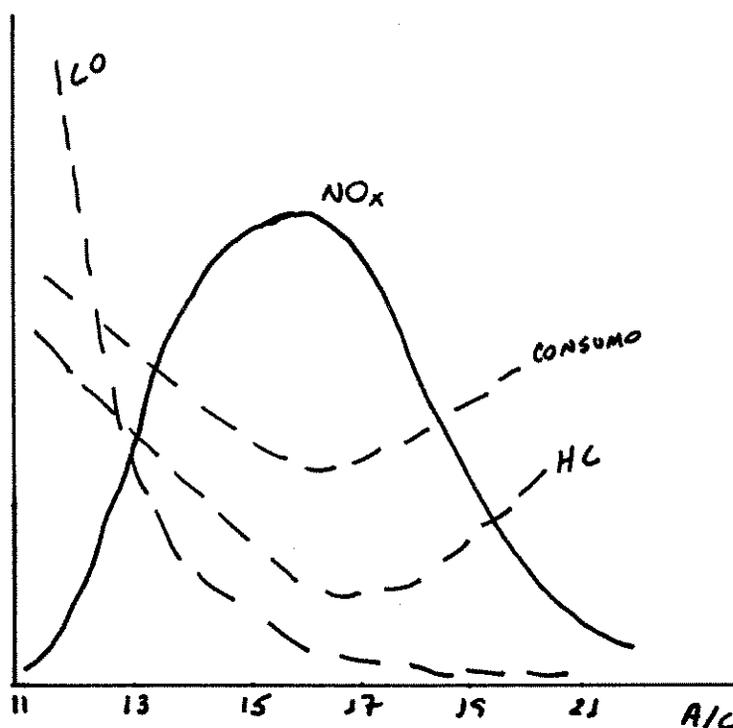
Em contrapartida, no cenário internacional os preços do petróleo, ao contrário do que se apostava, começaram a cair. No cenário nacional, transcorria uma política de contenção de preços ao consumidor sem o repasse correspondente no preço pago ao produtor de álcool. Ocorreu uma elevação nos custos de imobilização dos estoques e aumento nos preços de aquisição do produto, sem haver o repasse ao consumidor. Estava consolidada assim a “conta álcool”. Elevou-se o preço da gasolina ao consumidor para o sustento do preço do álcool. Com a crise de abastecimento em 1989, toda essa estrutura mal planejada “desabou”. O consumo de gasolina começou a apresentar elevação, enquanto o consumo de álcool hidratado se estabilizou. A estrutura produtiva, porém, apresentou um comportamento diferente. A produção de álcool hidratado começou a diminuir e em meados de 1989/90 houve a necessidade de importação de metanol para abastecimento da frota existente, através de uma mistura composta por 60% de etanol, 33% de metanol e 7% de gasolina. Isso ocorreu devido à elevação do preço do açúcar no mercado internacional, fazendo com que os usineiros optassem pela produção do açúcar em detrimento do álcool.

Paralelamente a isso, a indústria automobilística começou a diminuir a produção de carros movidos a álcool, estabilizando a frota.

Como forma de realocação da parcela de álcool deslocada (álcool hidratado) no mercado e para manter “vivo” o setor, o governo criou uma lei obrigando o aumento da quantidade de álcool anidro misturado à gasolina, que passou de 18% para 22% em volume, sob a alegação de controle de emissões em motores à gasolina.

O álcool anidro, quando adicionado à gasolina, proporciona uma melhora nas características de detonação e nas emissões de poluentes. Por ser um combustível oxigenado, ajuda a evitar a ocorrência do fenômeno de pré-ignição e detonação da gasolina, desempenhando desta maneira o papel de aditivo anti-detonante. Da mesma forma, a adição de álcool à gasolina resulta em uma mistura cuja queima emite menores quantidades de poluentes. Esta mistura, no entanto, deve respeitar certos limites, pois o desempenho do motor poderá ser afetado. Assim, um empobrecimento da mistura, causada pela alteração da proporção de álcool adicionado à gasolina, pode fazer com que haja uma diminuição nas emissões de alguns gases poluentes e, em contrapartida, um aumento na emissão de outros.

A figura 1.6 mostra a variação na emissão de poluentes em função do teor da mistura.

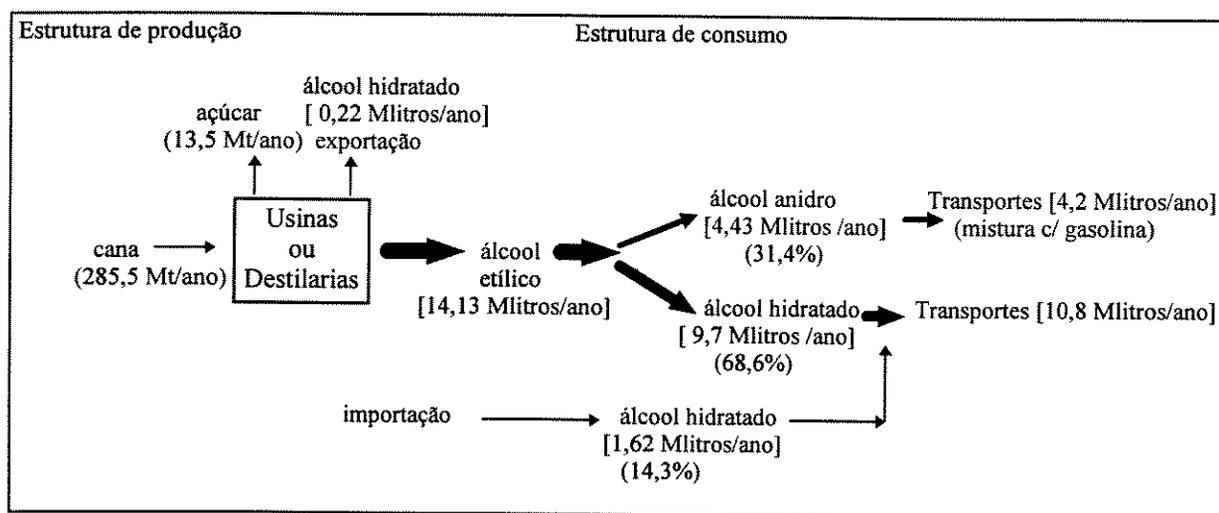


Fonte: Marchesi et alii, 1989.

**Figura 1.6** - Desenvolvimento qualitativo das emissões de descarga de um motor ICE em função do teor da mistura.

Quando se diminui a relação ar/combustível, há uma tendência de economia no consumo de combustível pelo motor e uma diminuição nas emissões de NOx. Em contrapartida, ocorre um aumento nas emissões de CO e HC. Desta maneira, quando se altera a proporção de álcool anidro adicionado à gasolina, a relação ar/combustível também é alterada, fazendo com que seja necessária uma nova regulagem do motor, readaptando-o à mesma.

A figura 1.7 mostra o fluxo simplificado do suprimento de etanol no Brasil em 1996, onde é possível perceber a necessidade de importação de álcool hidratado para abastecimento da frota existente.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da UNICA no ano de 1997 e do Balanço Energético Nacional de 1997.

**Figura 1.7** - Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de etanol no Brasil em 1996.

Segundo estimativas da UNICA - União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, na safra 97/98 haverá um aumento de cerca de 5% na quantidade de cana moída. Este

aumento de produção deverá eliminar as importações em razão da preferência da produção de álcool, já que o preço do açúcar está em baixa, tanto no mercado interno quanto no mercado externo (R\$ 15,00/saca 50 kg no mercado interno e US\$ 12,50/saca 50 kg no mercado externo) [Folha de São Paulo, maio/97]. Com a liberação dos preços do álcool anidro em maio de 97, o comportamento deste combustível no mercado pode se alterar. Se o seu preço aumentar, a produção de álcool deve convergir para o anidro.

Se o seu preço diminuir, a tendência é um aumento na produção de álcool hidratado, o que resultaria num aumento de excedentes e possível exportação. O governo, com o intuito de dar destinação a esses excedentes, está tentando reerguer o PROALCOOL. O primeiro passo para isso foi a criação, em agosto de 1997, do Conselho Interministerial do Álcool, que deverá adotar várias medidas para atingir seus objetivos.

As medidas mais polêmicas deverão ser um aumento da proporção do álcool anidro adicionado à gasolina, que passará dos atuais 22% para 29%, e a adição de 10% a 15% de álcool anidro ao óleo diesel. Há perspectiva de aumento maciço na produção de álcool anidro.

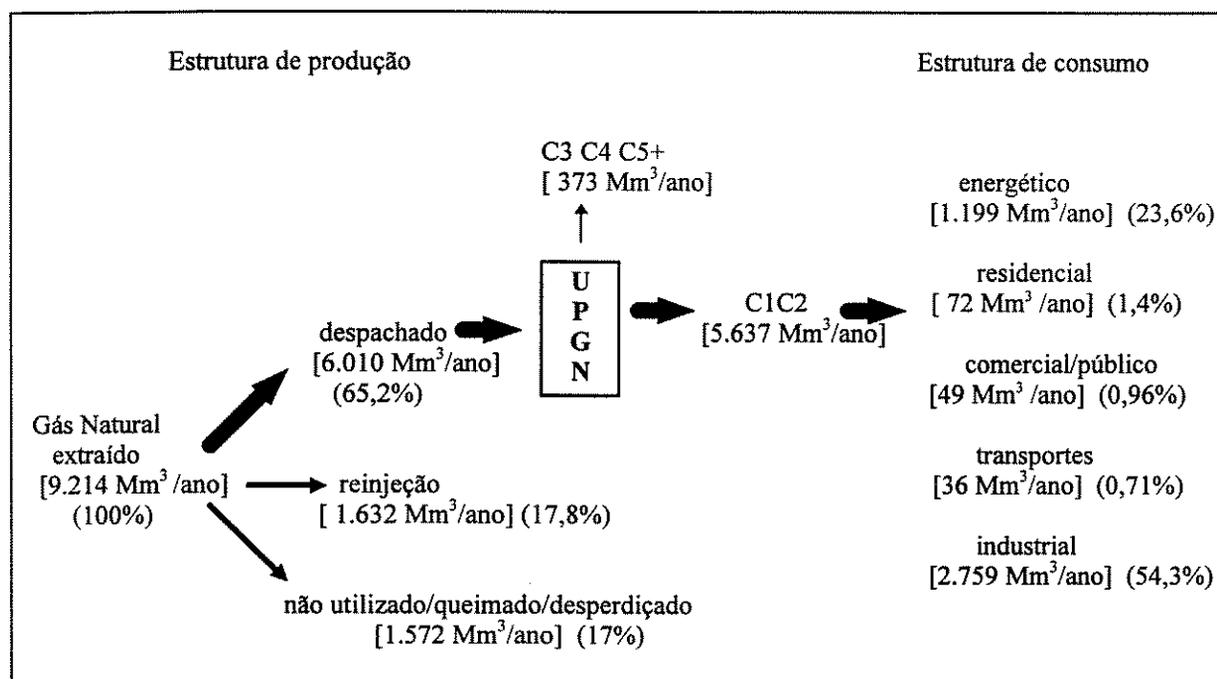
**Tal medida visará, tão somente, à absorção da quantidade de álcool excedente, pois não ocorrerão mudanças significativas a nível de octanagem e de controle de emissões na gasolina.**

**De qualquer maneira, o álcool constitui-se num combustível alternativo, cuja infra-estrutura de produção montada deve ser aproveitada, mesmo porque existe uma frota de automóveis que, apesar de estar sofrendo um processo de sucateamento, ainda consome álcool. A manutenção da mistura gasool é importante, embora não nas proporções atuais, devendo funcionar estritamente como aditivo antidetonante.**

### 1.4.2. Gás metano de origem fóssil

O gás metano de origem fóssil, principal componente do gás natural, é um combustível que, aos poucos, vem aumentando a sua participação na matriz energética brasileira. Em 1981 sua participação correspondia a 0,6%. Em 1996 essa participação foi ampliada para 2,1% (Balanço Energético Nacional, 1997)

A figura 1.8 apresenta um fluxo simplificado do suprimento de gás natural no Brasil em 1996, mostrando que o gás natural é um combustível cujo consumo tem sido limitado pela pequena disponibilidade da oferta



Fonte: Elaboração própria a partir do Balanço Energético Nacional de 1997 e da PETROBRÁS, 1994: b.

**Figura 1.8** - Diagrama indicativo do fluxo simplificado do suprimento de gás natural no Brasil em 1996.

O gás natural da bacia de Santos é explorado através de um contrato de risco com a Pecten/Shell, na plataforma de Merluza, cujo volume aproximado de 2 Mm<sup>3</sup>/dia é fornecido para indústrias de Cubatão e São Paulo e residências em São Paulo. Na plataforma de Caravelas, no Paraná, produz-se cerca de 10 mil barris/dia, com aproximadamente 0,5 Mm<sup>3</sup>/dia queimado na torcha (PETROBRÁS, 1994: b).

Na bacia de Campos, a capacidade de produção gira em torno de 6 a 8 Mm<sup>3</sup>/dia, onde, segundo estimativas, queimam-se na torchas 2 a 3 Mm<sup>3</sup>/dia (PETROBRÁS, 1994: f).

No cômputo total, são perdidos/desperdiçados aproximadamente 4,3 Mm<sup>3</sup>/dia, o que representa aproximadamente 17% da produção total. Este desperdício é muito elevado se comparado com padrões internacionais.

Sabendo-se que, numa primeira fase, será importada da Bolívia uma quantidade de 8Mm<sup>3</sup>/dia de gás natural, o equivalente a metade desta quantia é desperdiçada atualmente no Brasil.

Esse gás desperdiçado poderia ser melhor aproveitado, utilizando-o na complementação do uso do óleo diesel e do GLP.

### **1.5. O uso ilegal de GLP no Brasil**

Passos e Miguez (1994), técnicos do Ministério das Minas e Energia e da PETROBRÁS, em seu trabalho "*Uso racional de GLP: uma proposta de combate ao desperdício*", estudaram o consumo per capita de GLP por município, a partir de dados do CNP (atual DNC) referentes ao ano de 1988 e dos dados censitários do IBGE para população, realizado no mesmo ano. O estudo identificou no Brasil cerca de 408 municípios com possível uso indevido de GLP. Esses números mostram que aproximadamente 495 mil toneladas de GLP são usadas de maneira irregular. Segundo o

estudo, no período compreendido entre 1973 e 1991 o consumo de GLP cresceu a uma taxa de 6,17% ao ano, aumentando 212% no período. Neste mesmo período, o PIB cresceu 90% e foi registrado um crescimento populacional de cerca de 42%. O crescimento do consumo de GLP é muito maior que o crescimento demográfico e o grau de urbanização. Apesar do deslocamento do uso da lenha, era de se esperar que o crescimento do consumo acompanhasse o crescimento demográfico. Ainda segundo os autores: *“se todo o GLP fosse utilizado para cocção, cálculo feito utilizando os dados da Matriz Energética Brasileira, agregando o consumo de GLP e lenha, e desse modo, desconsiderando a substituição de energéticos, indica que o consumo de energia útil para cocção, cresceu 3,3 % ao ano, portanto, acima do crescimento populacional do período. Dai resulta que parcela significativa do uso do GLP não corresponde ao consumo residencial”*.

Um dos fatores que desencadeou o uso ilegal do derivado foi a política de subsídios a que foi submetido a partir da segunda metade da década de 80. A partir disso, tornou-se comum o uso de GLP em veículos de serviço, jipes e camionetas, convertidos clandestinamente, bem como o seu uso na indústria, comércio, aquecimento de saunas e piscinas em clubes e uma intensificação, que ocorre até hoje, no comércio de GLP em cidades fronteiriças (Bolívia e Paraguai, principalmente) caracterizando-se em contrabando, devido ao custo do produto no Brasil ser menor que nestes países vizinhos.

Em 1992, o SINDIGÁS chegou à conclusão, através de uma estimativa, que aproximadamente **300.000 t/ano** de GLP eram **contrabandeados** para países vizinhos e cerca de **500.000 t/ano** eram usados de forma **ilegal em veículos**. Ainda com base no trabalho citado, o consumo médio de GLP por residência no Brasil é estimado em um botijão de 13 kg por mês, considerando a média de 4 a 5 pessoas por residência, o que representa em *média entre 2 e 4 kg GLP/hab/mês*.

Desta maneira, cerca de 408 municípios (8% do total nacional) apresentam possível uso indevido de GLP. A tabela 1.3 mostra os estados brasileiros que apresentam elevado consumo clandestino de GLP.

**Tabela 1.3** - Estados brasileiros que apresentam maior consumo clandestino de GLP.

Estado	Número de Municípios	Quantidade (ton/ano)
São Paulo	134	234.385
Goiás	72	69.283
Rio de Janeiro	22	32.826
Minas Gerais	41	31.816
Rio Grande do Sul	21	25.107
Santa Catarina	21	20.625
Outros	97	81.748
Brasil	408	495.790

Fonte: Extraído de: "Uso racional de GLP: uma proposta de combate ao desperdício". (Passos e Miguez, 1994).

O mesmo trabalho apresenta uma lista de municípios com maior consumo per capita no Brasil. A tabela 1.4 mostra esses municípios, com exceção dos municípios localizados no Estado de São Paulo, que são abordados no capítulo 3.

Analisando os dados da tabela 1.4, constata-se que existem municípios industrializados, como Criciúma ou Betim, que usam o GLP não somente para cocção, mas possivelmente em processos industriais. Cidades turísticas, por exemplo, Rio Verde, que possui águas termais e clubes sociais, podem estar fazendo uso de GLP para aquecimento de saunas e piscinas.

**Tabela 1.4** - Maiores consumos per capita de GLP por município em 1988 no Brasil, exceto do Estado de São Paulo.

Municípios	Estado	População (mil hab.)	kg/hab/mês
Aporé	GO	2.205	68,7
Portelândia	GO	2.608	44,0
Santa Rita do Araguaia	GO	4.826	41,1
Vila Rica	MT	4.070	37,2
Luciara	MT	5.599	26,5
Guarantã do Norte	MT	6.421	24,8
Porto Alegre do Norte	MT	5.562	24,2
Foz do Iguaçu	PR	182.101	6,8
Criciúma	SC	128.410	6,8
Itaguaí	RJ	105.795	7,0
Várzea Grande	MT	102.524	6,1
Betim	MG	96.810	6,1
Rio Verde	GO	92.954	6,8

Fonte: Extraído de: "Uso racional de GLP: uma proposta de combate ao desperdício". (Passos e Miguez, 1994).

No caso de municípios situados em regiões de fronteira, como Foz do Iguaçu, provavelmente está ocorrendo contrabando de GLP com países vizinhos. Nas cidades interioranas, sem atividade industrial relevante, o que pode e deve estar ocorrendo é o uso de GLP em veículos através de *conversões clandestinas e irregulares*. Em algumas cidades do interior dos Estados de Goiás e Mato Grosso é possível que o uso de GLP esteja sendo feito em garimpos.

Normalmente, pessoas que fazem uso intenso de camionetas e outros veículos optam pelo uso ilegal do GLP como forma de diminuição de gastos com combustíveis, sem imaginar o risco causado por uma conversão mal executada.

O trabalho cita um fato curioso, mostrando que vários municípios com consumo superior à média estão situados ao longo das rodovias BR 060 e BR 364 no Estado de

Goiás, onde segundo os autores, a incidência de uso de GLP em automóveis, comerciais leves e veículos de serviço é comprovadamente grande.

Apenas 80 municípios, cada um com potencial de economia superior a 1.000 ton/ano, representam mais de 61% do potencial total de economia retratado no trabalho, sendo que metade desses municípios estão localizados nos estados de São Paulo e Goiás, que juntos representam aproximadamente 70% do potencial de economia dos 80 municípios. A tabela 1.5 mostra a distribuição desses 80 municípios em relação aos Estados brasileiros.

**Tabela 1.5** - Distribuição dos 80 municípios com maior potencial de economia de GLP no Brasil.

Estados	Número de municípios	Ton/ano
São Paulo	41	174.613
Goiás	9	33.559
Rio de Janeiro	5	23.067
Paraná	4	14.446
Minas Gerais	5	12.489
Santa Catarina	4	11.916
Bahia	4	10.134
Rio Grande do Sul	3	8.668
Mato Grosso do Sul	1	5.077
Mato Grosso	2	5.037
Ceará	1	2.906
Espírito Santo	1	1.761
Brasil	80	303.671

Fonte: Extraído de: "Uso racional de GLP: uma proposta de combate ao desperdício". (Passos e Miguez, 1994).

Os números apresentados na tabela 1.5 dizem respeito a um pequeno universo dentro do país, o que nos leva a concluir pela facilidade de um controle ou fiscalização mais apurada.

Segundo os autores, *"a proposta de se elevar os preços do GLP a níveis reais talvez corrigisse essas distorções, pelo desestímulo de práticas como conversões ilegais de*

*veículos ou contrabando do produto. Seria problemático, porém, do ponto de vista social, recaindo-se provavelmente na questão inflacionária da economia do país. No que concerne ao contrabando, um trabalho de fiscalização ostensiva em determinados pontos de fronteira diminuiria este tipo de comércio, pois tais pontos são conhecidos pelas autoridades brasileiras”.*

Em relação ao uso ilegal de GLP em veículos, algumas providências podem ser tomadas.

Uma fiscalização mais rigorosa por parte dos DETRANS, delegacias de trânsito e autoridades locais, em oficinas mecânicas e nos próprios veículos no ato da vistoria para fins de licenciamento, principalmente nestas cidades cujo consumo per capita mostra níveis absurdos, talvez se configure na melhor solução a curto prazo para o problema. Uma fiscalização mais intensa por parte da polícia rodoviária, principalmente nas rodovias que cruzam os municípios que apresentam alto consumo de GLP, como no caso da BR 060 e BR 364, pode surtir efeito. Quanto ao consumo industrial, um estudo aprofundado deve ser feito para se identificar e avaliar o uso de botijões de 13 kg, cilindros de 45 kg e “charutos” de 20 toneladas nesses locais, uma vez que este assunto não é enfocado nesta dissertação.

A chegada do gás natural às regiões que apresentam elevado consumo de GLP, poderia contribuir para a diminuição do uso indevido deste derivado. Não se deve esquecer, no entanto, que outros fatores influenciarão neste processo. Os preços relativos do GLP e do gás natural é um desses fatores e, talvez, o mais importante.

## 1.6. Combustíveis e transporte rodoviário urbano

O Brasil possui um sistema de transporte cuja concepção data da década de 50. No que diz respeito ao transporte de cargas, a modalidade rodoviária foi adotada em razão do atendimento às necessidades da estrutura industrial, que nesta época experimentava acelerada expansão. A frota de caminhões passou por um processo de dieselização. O aumento nos preços do petróleo verificado na década de 70 provocou o aumento do preço dos derivados, que, contudo, evoluíram a taxas díspares. Através de subsídios, o diesel tornou-se um derivado bem mais barato que a gasolina, influenciando diretamente neste processo.

O transporte coletivo de passageiros foi concebido a partir do uso do ônibus, enquanto o transporte individual através de automóveis está aumentando bastante nos últimos anos.

De uma maneira geral, os sistemas de transporte urbano estão diretamente ligados à forma de uso e ocupação do solo. As cidades brasileiras, apesar das diferenças locais e regionais, cresceram em função de extensas avenidas, o que de certa maneira propiciou o desenvolvimento do transporte coletivo por meio de ônibus e o transporte individual por meio do automóvel.

Com a crise de suprimento de petróleo ocorrida nesta mesma época, o sistema de transporte rodoviário se mostrou frágil e problemático. Segundo Castro (1992), “... o Brasil possui uma das estruturas de transporte mais desajustadas às condições no período que se abre após dezembro de 1973.”

Este fato é perceptível, observando-se alguns problemas atuais no setor de transporte brasileiro: insuficiência da malha viária dos grandes centros, péssimo estado de conservação das rodovias e alto consumo de derivados de petróleo.

Atualmente, as condições de tráfego nos grandes centros urbanos, apresentam congestionamentos e alto índice de emissões de poluentes, causado por automóveis e ônibus.

O consumo elevado de combustíveis, principalmente gasolina e óleo diesel, causa problemas de suprimento desses derivados, bem como, um aumento exagerado nos níveis de poluentes no ar das grandes cidades.

Segundo Wright e Sant'Anna (1989), os automóveis são responsáveis por aproximadamente 32% das viagens urbanas, enquanto os ônibus participam com cerca de 56% e os trens e os metrô realizam 6% das viagens, aproximadamente.

O consumo de combustíveis no setor de transporte rodoviário vem evoluindo nos últimos anos conforme indicado na tabela 1.6.

**Tabela 1.6** - Participação dos combustíveis utilizados no setor de transporte rodoviário no Brasil, em %

Combustível	1981	1985	1990	1996
óleo diesel	53,7	53,6	54,4	50
gasolina	40	27,3	25,6	32,3
álcool hidratado	3,4	14	17,8	12,3
álcool anidro	2,9	5,1	2,2	5,4
gás natural	0	0	0	0,1

Fonte: Extraído do Balanço Energético Nacional de 1997.

A conclusão a que se chega, analisando os dados da tabela 1.6, é que a gasolina e o óleo diesel são os combustíveis que apresentam um peso muito grande no setor de transportes, respondendo por mais de 80% do suprimento de combustíveis para o setor. O uso do gás natural ainda é muito pequeno, quase desprezível em relação ao óleo diesel e gasolina. Um aumento do uso do gás natural como combustível veicular, através de incentivos e criação de programas sólidos de complementação de uso de combustíveis, seria uma alternativa interessante na tentativa de diminuição do consumo dos outros derivados, além de promover um rearranjo no suprimento de combustíveis no país.

## **Capítulo 2**

### **O uso de gás metano em veículos e a situação internacional e brasileira (regional) dos programas de GNV**

#### **2.1. Introdução**

O capítulo se inicia com uma breve discussão a respeito da possibilidade do uso de gás metano em meios de transporte rodoviário urbano, através de uma análise das características do combustível.

O gás metano, seja de origem fóssil ou de biodigestão de biomassa, é um combustível que pode ser usado com vantagens em motores de combustão interna, podendo se tornar um complemento aos combustíveis tradicionais usados nos meios de transporte rodoviário urbano.

O complemento no uso do óleo diesel ou da gasolina seria benéfico ao país, pois poderia haver uma diminuição nas emissões de poluentes por esses derivados, bem como uma queda nas importações destes combustíveis, resultando numa reestruturação do arcabouço de suprimento de combustíveis no Brasil.

Acompanhando esta linha de raciocínio, o capítulo apresenta uma visão dos programas de gás natural veicular - GNV no Brasil e no exterior.

Em relação ao exterior é feito um estudo dos países cujos programas são considerados relevantes a nível mundial.

No caso brasileiro, mostra-se a situação atual em relação ao uso do gás metano de origem fóssil na frota de veículos de algumas capitais, que possuem em maior ou menor grau de adiantamento, programas de gás natural veicular.

Uma idéia geral da situação dos mercados regionais de GNV também é apresentada, com o intuito de frisar a importância que os programas de GNV poderão adquirir num contexto mais amplo, no qual se inserem uma complementação no uso e um melhor aproveitamento dos combustíveis disponíveis.

## **2.2. O uso de gás metano em veículos em complemento aos combustíveis tradicionais**

O gás metano é um combustível considerado seguro e este fato pode ser constatado, através de três propriedades intrínsecas deste combustível.

- *densidade*: o metano é mais leve que o ar, possuindo uma densidade relativa em torno de 0,62 (Barreto, 1989). Por ser um combustível gasoso, requer um sistema de carburação mais simples. Na hipótese da ocorrência de vazamentos, sua tendência é subir e se dispersar rapidamente na atmosfera;

- *limite de flamabilidade*: A faixa de mistura ar/metano para ocorrer ignição é bem estreita, situando-se na faixa de 5% a 14% em volume de metano ( Barreto, 1989). Sua queima é mais homogênea, devido sua facilidade de mistura com o ar, proporcionando menor emissão de poluentes;

- *temperatura de ignição*: A temperatura de ignição do metano está em torno de 650 °C, bem superior à dos combustíveis líquidos (Barreto, 1989). Pode ser utilizado em motores com alta taxa de compressão, pois possui propriedade anti-detonante.

O uso do gás metano promove uma maior durabilidade do motor, em virtude de uma menor formação de depósitos (borras). As manutenções são da mesma maneira menos frequentes.

O gás metano pode ser empregado sem maiores problemas nos motores de ignição por centelha, os quais podem ser alimentados exclusivamente a gás metano ou na forma bicomustível (gasolina ou álcool e gás metano). Para isso basta a adaptação de um Kit de conversão para uso do combustível gasoso.

Se o veículo possuir motor de ignição por compressão, este deverá passar por um processo de mudança para ignição por centelha. Este processo de conversão é conhecido como *ottolização* do motor (Revista Energy World, editorial, 1995). Este procedimento caracteriza-se por uma grande intervenção nos motores, através de modificações no conjunto de força, com a adequação da câmara de combustão e redução da taxa de compressão (bem alta nos motores de ignição por compressão). É necessário, também, a substituição do sistema de injeção por um sistema de ignição com regulador de rotação.

No capítulo 4 é feito um estudo mais aprofundado das principais características do uso de gás metano em motores.

Cientes das vantagens da utilização do gás metano nos meios de transporte rodoviário urbano, vários países no mundo utilizam este combustível em suas frotas.

### **2.3. Os programas de GNV em alguns países**

No ano de 1996, cerca de quarenta e sete países estavam envolvidos em programas de complementação no uso de combustíveis derivados de petróleo (gasolina e óleo diesel).

Esses programas, em sua maioria, são recentes. Apenas nove países possuem programas com mais de 10 anos em andamento, outros nove países apresentam programas com idade entre 5 e 10 anos, e vinte e nove países apresentam projetos recentes, com programas com menos de 5 anos de existência (Gorman, 1996)

As razões que levaram, nos últimos anos, mais e mais países a reorganizarem sua matriz energética, convergindo para o uso do gás metano fóssil em suas frotas automobilísticas foram (Chernoff et alii, 1994):

- Aproveitamento de recursos naturais existentes ( existência de grandes reservas de gás natural, principalmente na Argentina, Rússia, EUA, Canadá);

- Frota mundial de veículos em crescimento, exigindo providências dos vários atores envolvidos;

- A crescente questão ambiental e a procura por combustíveis que agridam menos o meio ambiente;

- Questões de ordem econômica (preço do combustível);

- Questão estratégica, na qual o gás se tornou um instrumento usado na ampliação da matriz energética em vários países.

A tabela 2.1 sintetiza os dados dos países cujos programas são comentados mais adiante.

**Tabela 2.1** - Frota e postos de abastecimento de GNV no mundo em 1996

<b>País</b>	<b>Veículos a GNV</b>	<b>Postos de abastecimento</b>
Argentina	395.000	496
Itália	290.000	270
Estados Unidos	40.000	1.082
Canadá	36.400	112
Brasil	14.000	39
Venezuela	1.500	20
Japão	452	27
Inglaterra	400	10
Alemanha	340	150

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes: Silex Convergás, nov-1996 / Natural Gas Fuels, ago/out-1994 / Gas engineering & management, out-95 / Gas Engineering & Management, v.36, Issue 5, Jun-96 / Gas World International, jun-94.

A frota mundial movida a gás metano de origem fóssil é estimada em mais de um milhão de veículos e o número de postos de abastecimento estimado em aproximadamente 3 mil unidades, distribuídos por mais de 40 países (Gorman, 1996). Os países que mais se destacam por possuírem um programa de gás natural veicular de forma adiantada são: EUA, Canadá, Itália, Rússia, Nova Zelândia e Argentina (Lewis, et al 1994).

### **2.3.1. Argentina**

O programa de GNV na Argentina teve grande impulso devido à abundância de gás natural no país, se comparado ao petróleo.

Em termos de número de veículos movidos a gás metano fóssil, a Argentina é hoje, o país cujo programa de GNV está mais adiantado. Sua frota tem aproximadamente 395.000 veículos e há no país aproximadamente 496 postos de abastecimento. ( Silex

Convergás, 1996). Seu programa teve início em 1984 e o agente planejador, executor e administrador foi a companhia *Gás Del Estado*. O programa conta também com a participação das empresas petrolíferas que atuam no país, bem como com as montadoras *Fiat, Peugeot e Renault*, que oferecem modelos zero quilômetros movidos a gás metano.

O país conta com uma rede de gasodutos que serve 11 províncias, ao longo das quais os postos de abastecimentos estão espalhados. São elas: *Grande Buenos Aires, Córdoba, Rio Quatro, Salta, Comodoro Rivadavia, Mar Del Plata, Bariloche, Neuquém, Viedma, Rosário e Bahia Blanca*. O programa argentino para uso de gás metano em automóveis fez uma previsão, considerando o deslocamento de 10% no uso de combustíveis líquidos em favor do gás metano a partir de 1994 (Almeida, 1991).

### **2.3.2. Itália**

Encontra-se na Itália o programa de GNV mais antigo de que se tem conhecimento. O uso do gás metano em automóveis na Itália teve início por volta de 1930. Durante a 2ª guerra mundial, o uso do gás metano teve um grande aumento, devido à necessidade de substituição do petróleo, em virtude da crise de fornecimento causada pelo conflito. Atualmente, a Itália possui uma frota de cerca de 290.000 veículos movidos a gás metano e 270 postos de abastecimento (Silex Convergás, 1996).

Recentemente, o óleo diesel também vem causando preocupação na Itália, em virtude de suas emissões de SOx e particulados, acarretando sérios problemas de corrosão nos monumentos arquitetônicos. Desta maneira, três cidades estão desenvolvendo programas de substituição de óleo diesel por gás metano em suas frotas de transporte

coletivo urbano. São elas: *Udine, Piacenza e Ravena*. Em termos de número de veículos que fazem uso de gás metano, a frota italiana é a segunda maior do mundo, ficando atrás somente da frota argentina.

### **2.3.3. Estados Unidos da América**

Nos Estados Unidos da América ocorre um fato diferente do que ocorre no restante dos países que fazem uso do gás metano como combustível em automóveis. Não há estímulos para a conversão de veículos particulares, mas sim, de conversão de frotas inteiras (empresas, órgãos públicos, etc), ocorrendo desta maneira, uma série de incentivos. Um exemplo disso, são as empresas *Southern California Gas Company* e *Arizona Public Service Company*, que vêm convertendo seus veículos para o uso de gás metano.

Os Estados Unidos da América contam atualmente com uma frota de cerca de 40.000 veículos movidos a gás metano e 1.082 postos de abastecimento (Silex Convergás, 1996).

Embora sua frota movida a gás metano não seja das maiores, a nível mundial, sua rede de postos de abastecimento é a maior do mundo. As razões disso são a extensa rede de gasodutos que atravessa o seu território, propiciando investimentos no programa, e a configuração da matriz energética do país, na qual o gás natural tem participação importante.

Um fato digno de menção é a experiência que foi realizada nas Olimpíadas de Atlanta, em 1996, envolvendo 500 veículos movidos a gás metano, sendo 200 ônibus e 300

veículos leves, que serviram para transportar cerca de 350.000 pessoas (Silex Convergás,1996).

Além disso, os ônibus escolares também estão sendo convertidos, ou já são fabricados para o uso de gás metano, enquanto a empresa de correios (*U.S. Post*) possui cerca de 800 veículos movidos por esse combustível em sua frota. Na *Disney World* e no *Epcot Center*, veículos e até barcos estão sendo submetidos ao uso de gás metano, de forma experimental.

No que se refere à tecnologia de motores movidos a gás metano, existem várias iniciativas a nível de montadoras como, por exemplo, a *Crysler*, a *Ford*, etc. A iniciativa mais importante, talvez, seja a da Companhia *Detroit Diesel Corporation*, que desenvolve um motor chamado de *motor de terceira geração*, que deverá ser usado em ônibus de frotas urbanas, escolares, e frotas públicas. Este motor (série 30G) possui ignição por centelha com sistema de controle eletrônico, tecnologia de combustão controlada, movido exclusivamente a gás metano, possuindo oito cilindros em V, 7,3 litros de capacidade e taxa de compressão de 10:1 (Gas Engineering & Management, editorial, out/1995).

#### **2.3.4. Canadá**

O programa de GNV no Canadá conta mais de dez anos de funcionamento. Foi concebido no início da década de 80, motivado pela crise energética da década de 70. Surgiu através de incentivos e da parceria entre o governo federal e a *Alberta's Natural Gas Industry*. Contando com extensas reservas de gás natural, principalmente na *baía de Hudson*, *Sable Island* (*Nova Escócia*) e *Alberta*, o Canadá, através do programa de GNV,

teve condições de aumentar a participação do gás natural em sua matriz energética. Sabe-se que 25 % do consumo energético do país se deve ao setor de transportes, que utiliza mais de 70 % dos produtos de petróleo refinado ( Mclellan, 1994).

O governo do Canadá implantou uma política de incentivos na qual concede:

- US\$ 500,00 canadenses para que o proprietário do veículo faça a conversão do mesmo para o uso do gás metano;

- US\$ 1.000,00 canadenses para o proprietário cujo veículo for comprado de fábrica já adaptado para usar metano (Crysler, GM e Ford fabricam carros movidos a gás metano);

- US\$ 50.000,00 canadenses para o proprietário do posto de abastecimento que se adaptar para a comercialização de metano em seu estabelecimento.

Em 1994 o país possuía uma frota de aproximadamente 36.400 veículos movidos a gás metano e uma rede de postos de abastecimento da ordem de 112 unidades (Natural Gas Fuels, editorial, ago/1994).

O Canadá possui, também, um Departamento a nível federal, chamado *CANMET*, incumbido de realizar, entre outros atributos, pesquisas energéticas e desenvolvimento de tecnologias, e que dá o devido suporte ao programa de GNV no país.

### **2.3.5. Japão**

O programa de GNV no Japão é mais recente, com menos de 10 anos de implantação.

O governo japonês tinha como meta, entre conversões e fabricação de novos veículos, atingir o patamar de 50.000 veículos movidos a gás metano no ano de 1997 ( no

ano de 1996 esse número era de 452 veículos e 27 postos de abastecimento), chegando a 200.000 veículos no ano 2000 (Silex Convergás, 1996). Para isso possui um programa que envolve suas principais montadoras, como a *Honda*, a *Nissan*, a *Suzuki*, a *Mazda* e a *Toyota*, na fabricação e conversão de veículos.

### **2.3.6. Alemanha**

Os primeiros veículos que fizeram uso do gás metano na Alemanha datam da década de 30. Por razões técnicas e pelo baixo preço do petróleo na época, as iniciativas com relação ao uso de gás metano em veículos foi perdendo interesse. Somente com a chegada da 2ª guerra mundial é que os alemães voltaram a desenvolver projetos de substituição de combustíveis, em virtude da crise de abastecimento do petróleo. No pós-guerra (1950), já existiam 7.800 veículos que faziam uso de metano para se locomoverem (Gas World International, editorial, jun/1994, p.12-15).

Em 1993, 100 empresas alemãs faziam o uso de metano em veículos ou estavam em vias de iniciar programas de gás veicular. Recentes projeções elaboradas pela Shell indicam que no ano de 2.020, a Alemanha deverá ter 52 milhões de automóveis rodando em seu território. Levando-se em consideração que o setor de transportes na Alemanha participa com cerca de 27,5 % no consumo de combustíveis na matriz energética (Gorman, 1996), um futuro mercado para o gás natural em veículos estaria assegurado. A emissão de poluentes nos transportes motorizados constitui, também, um problema de extrema importância na Alemanha. O gás natural, emitindo menos poluentes, seria uma possível solução.

Os grandes problemas da Alemanha em relação ao gás natural são o custo e a disponibilidade do combustível, já que não há grandes reservas e o preço do gás é elevado no país.

O gás natural teve uma participação de 18% na estrutura de consumo da Alemanha em 1993, com uma previsão de aumento de cerca de 1% ao ano, o que representa uma considerável participação na matriz energética (Gorman, 1996).

O potencial de substituição de combustíveis nos meios de transporte da Alemanha ocorre nos transportes públicos e veículos comerciais.

Atualmente, a Alemanha possui cerca de 340 veículos, entre ônibus, carros e caminhões, usando gás metano como combustível e 150 postos de abastecimento. Os programas de GNV na Alemanha estão a cargo, principalmente, de uma empresa concessionária de gás - a *RUHRGAS*, que, em parceria com as montadoras *MAN*, fabricante de ônibus, e *MERCEDEZ BENZ*, desenvolve um motor para uso exclusivo de gás metano, respeitando as normas europeias de emissões - a *Euro 3 Standart*.

Estes parceiros trabalham em um projeto experimental envolvendo 50 ônibus em *Berlin* e 20 ônibus em *Dresden* (Gorman, 1996).

A empresa concessionária - *RHENAG* possui cerca de 40 veículos movidos a gás metano, que estão inseridos no projeto *ERDGASAUTO* (combustíveis alternativos para veículos), na cidade de *Colonia*. A *Volkswagen* estuda a possibilidade de lançar modelos de fábrica movidos a gás metano.

As empresas siderúrgicas *Mannesmann* e *Diehl* trabalham em pesquisas para o desenvolvimento de cilindros de alta pressão, elaborados com materiais compósitos, e que

seriam 40% mais leves que os atuais, construídos em aço carbono. O desenvolvimento de programas de GNV na Alemanha não fica a cargo somente de empresas privadas.

A Universidade de Stuttgart desenvolve pesquisas na área de motores alimentados a gás metano.

Em 1994 a Alemanha contava com cerca de 150 postos de abastecimento que ofereciam gás metano, sendo 144 localizados na porção ocidental e apenas 6 na porção oriental do país (Gas World International, editorial, jun/1994, p.12-15).

No que se refere à legislação para uso de gás metano nos meios de transporte, não se têm maiores avanços. Com elevados impostos sobre o gás natural e a falta de incentivos para conversões, os programas de GNV na Alemanha evoluem vagarosamente.

### **2.3.8. Inglaterra**

O GNV começou a ganhar fôlego na Inglaterra em 1994. A empresa concessionária *British Gas* criou o chamado *comitê K*, que, junto com a *NGVA (Natural Gas Vehicular Association)*, estuda a possibilidade de utilização de gás natural em maior escala no setor de transportes do país. A Inglaterra possuía em 1994 cerca de 400 veículos movidos a gás metano. Desses, 300 pertencem à companhia *British Gas*, que pretendia elevar esse número para 900 até 1997 (Gas World International, editorial, jun/1994, p. 12 a 15).

O país conta com cerca de dez postos de abastecimento (Gorman, 1996). Há estimativas de que ano 2.000 a Inglaterra terá cerca de 200.000 veículos movidos a gás metano rodando pelo país.

Tanto o governo como empresas privadas estão trabalhando para isso. As empresas *Dennis Eagle*, *British Gas* e *Perkins Engines* firmaram parceria, onde pesquisam, desde 1994, motores para caminhões movidos a gás metano. A razão dessa pesquisa conjunta é a tentativa de solucionar o problema da perda de potência, que alcança 20% nos motores alimentados a gás metano. A montadora *MAN* trabalha no desenvolvimento do motor *E 2866* que funciona a gás, baseado no motor *D 2866*, que funciona a óleo diesel e é exclusivo para ônibus, com 230 Hp, torque de 850 Nm a 1000 rpm.

A companhia de ônibus de Southampton - *Southampton City Bus* - possui 16 ônibus movidos a gás metano em sua frota.

### **2.3.7. Venezuela**

Na América do Sul, além do grande programa argentino, há uma iniciativa da Venezuela. Atualmente o país conta com uma rede de 20 postos de abastecimento de gás metano e 1.500 veículos que fazem uso deste combustível (Silex Convergás, 1996).

O governo venezuelano se propõe a construir até o ano 2.000 mais duzentos postos de abastecimento de gás metano, e exportar a gasolina deslocada. Através de um contrato com a *Sulzer*, a *Petróleo de Venezuela* está construindo 120 postos de abastecimento de gás metano atualmente, que, quando finalizados, abastecerão cerca de 60.000 veículos. O governo venezuelano está concedendo incentivos e subsídios para a conversão de ônibus, veículos públicos e táxis, de 80% do custo total da operação.

## 2.4. Os programas regionais de GNV no Brasil

O consumo de derivados de petróleo no Brasil vêm aumentando a cada ano. Por um lado, as dimensões continentais do país e o modelo de transporte interurbano amplamente apoiado no uso de rodovias, e por outro, o transporte urbano configurado no uso de automóveis e ônibus, são as causas principais do aumento no consumo de derivados de petróleo. Estes combustíveis, nos últimos anos, vem apresentando problemas na estrutura de refino brasileira, de modo que uma complementação em sua utilização se constituiria numa grande vantagem para o país.

O uso do gás metano em parte da frota brasileira de ônibus e automóveis poderia contribuir para a diminuição do consumo de gasolina e óleo diesel. Em contrapartida, a participação do gás natural na matriz energética brasileira poderia ser incrementada.

O uso do gás metano nos meios de transporte rodoviário urbano está restrito a regiões que possuem infra-estrutura para atendimento dos usuários, o que caracteriza o aspecto regional dos programas de complementação no uso de combustíveis.

Por essa razão, São Paulo, Rio de Janeiro, Natal, Fortaleza, Salvador, Recife, Vitória e Aracajú realizaram, com maior ou menor intensidade, experiências relativas ao uso do gás metano em táxis e ônibus urbanos.

O resultado dessas experiências pode ser visto na tabela 2.2.

**Tabela 2.2** - Situação dos programas de GNV no Brasil em 1996.

<b>Cidade</b>	<b>Veículos leves (unidades)</b>	<b>Veículos pesados (unidades)</b>	<b>Postos (unidades)</b>
São Paulo *	4.000	133	18
Rio de Janeiro	5.000	177	19
Salvador	nd	nd	1
Recife	nd	14	3
Aracajú	nd	30	1
Fortaleza	nd	nd	2
Natal	nd	44	1
Vitória	0	nd	1

Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

\* maiores detalhes no capítulo 3

O consumo de GNV nas regiões brasileiras, tomando como base o mês de setembro de 1996 é mostrado na tabela 2.3.

**Tabela 2.3** - Volumes de GNV consumidos em setembro/96 no Brasil

<b>ESTADOS</b>	<b>V. LEVES (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V. PESADOS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>
São Paulo	648.792	341.635	990.407
Rio de Janeiro	1.425.664	7.113	1.432.777
Pernambuco	6.933	148.724	155.657
Rio Grande do Norte	25.320	10.405	35.725
Sergipe	6.272	556	6.828
Ceará	64.072	17.908	81.980
Espírito Santo	0	24.672	24.672
Bahia	7.021	0	7.021
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.184.074</b>	<b>551.013</b>	<b>2.735.087</b>

Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

As principais cidades brasileiras que possuem veículos a gás e postos de abastecimento de GNV são apresentadas a seguir, à exceção de São Paulo, que é tratado no capítulo 3.

#### **2.4.1. Rio de Janeiro**

O Rio de Janeiro é o estado brasileiro que possui, talvez, a maior facilidade e melhores condições para o desenvolvimento de um programa de uso de gás metano em veículos, devido a dois fatores básicos:

- é o maior produtor brasileiro de petróleo e gás natural;
- possui boa infra-estrutura para transporte e distribuição de gás natural, com extensa malha de gasodutos.

A utilização do gás metano em veículos na cidade do Rio de Janeiro teve início em 1985. A empresa de ônibus *Auto Viação Reginas*, sediada em *Duque de Caxias*, em associação com a *Petróleo Ipiranga*, iniciou um programa com vistas à substituição parcial de óleo diesel em ônibus urbanos.

Inicialmente quatro unidades foram convertidas usando motores *Mercedes Benz OM-352*. Posteriormente mais três unidades foram convertidas.

Tais veículos eram abastecidos na base de gás da PETROBRÁS - *BAGÁS* - na refinaria Duque de Caxias.

A segunda companhia de transporte coletivo, a *CTC* - Companhia de Transportes Coletivos da cidade do Rio de Janeiro, assinou um convênio em 1984 com a *EBTU* e *BR Distribuidora*, iniciando um programa de substituição de óleo diesel por gás metano em

ônibus urbanos. Nesta companhia, o programa foi melhor estruturado. Foram convertidos trinta e um ônibus para o uso de gás metano.

Atualmente, o programa para complementação no uso de óleo diesel nos transportes coletivos do Rio de Janeiro perdeu intensidade, em razão do descaso de dirigentes e políticos envolvidos na elaboração de legislações referentes aos meios de transporte urbano. Isso tem causado uma deficiência na estruturação do programa de GNV para veículos pesados, principalmente ônibus coletivos, na cidade do Rio de Janeiro. Apesar disso, existem cento e setenta e sete ônibus urbanos operando com gás metano (BR Distribuidora, 1996: c).

Por outro lado, tem havido um aumento do número de táxis na cidade que fazem uso de sistemas bicomcombustível (álcool/gás ou gasolina/gás). O Rio de Janeiro possuía em 1996 cerca de 5.000 táxis rodando em sistema bicomcombustível (BR Distribuidora, 1996: c). Para suprir esses veículos, existem dezenove postos de abastecimento espalhados pela cidade (BR Distribuidora, 1996: d).

Para atender aos usuários, a distribuição do gás natural no Rio de Janeiro é feita através de duas empresas: a estatal *PETROBRÁS* e a Companhia Estadual de Gás - *CEG*.

A *PETROBRÁS* mantém um posto de abastecimento na refinaria *Duque de Caxias (Bagás)*, enquanto a *CEG* atua como distribuidora dos outros dezoito postos de abastecimento.

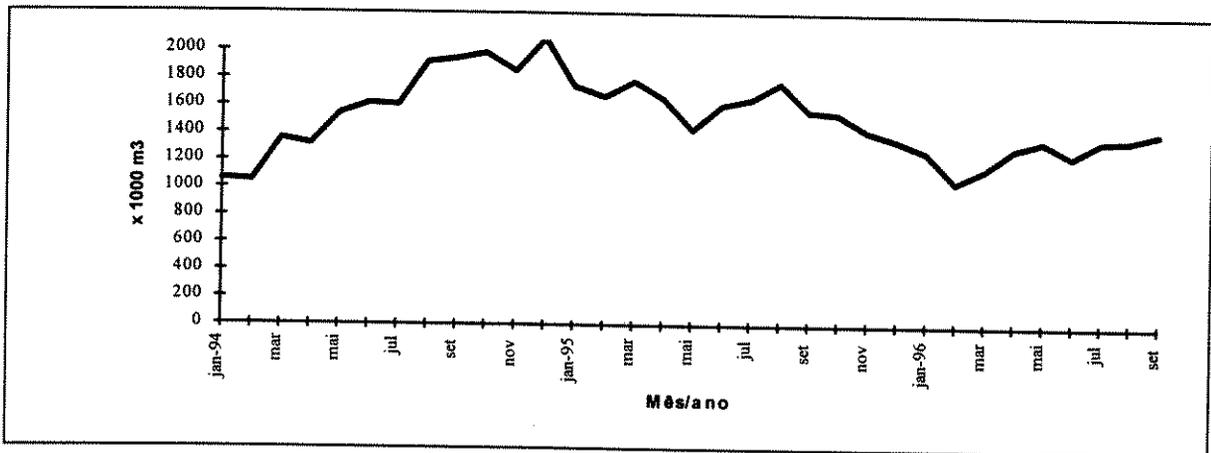
A atual estrutura de consumo de gás natural no Rio de Janeiro pode ser vista na tabela 2.4.

**Tabela 2.4** - Número de consumidores de GN por setor de consumo no Rio de Janeiro, em 1996.

Empresa fornecedora	Área	Industrial	Co-geração	Comércio	Institucional	Residencial	Veicular
PETROBRÁS	Cabo Frio	3	-	-	-	-	-
	Rio de Janeiro	10	-	-	-	-	1
	Volta Redonda	5	-	-	-	-	-
CEG	Rio de Janeiro	1.109	3	9.713	1.184	545.394	18
	TOTAL	1.127	3	9.713	1.184	545.394	19

Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

Na figura 2.1 são considerados os volumes consumidos pelos veículos leves, na maioria táxis, considerando o período de 1994/1996.

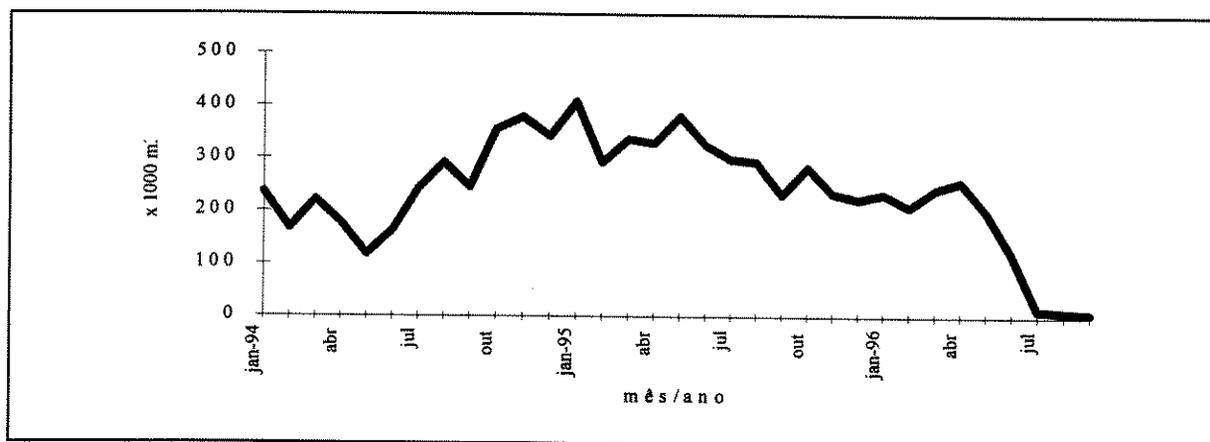


Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

**Figura 2.1** - Consumo de GNV pelos veículos leves no Rio de Janeiro no período de 1994 a 1996.

Como se pode ver, o consumo de GNV para veículos leves no Rio de Janeiro apresenta flutuações, que podem ser explicadas através de dois fatores: o primeiro deles refere-se à incerteza na quantificação do número de veículos que fazem uso do Kit de gás, e que portanto, consomem gás metano. Os usuários, normalmente taxistas, ao trocarem seus automóveis por outros modelos zero quilometro, retiram os Kits de gás dos antigos automóveis e não os instalam imediatamente nos novos veículos, por causa da garantia dada pelos fabricantes ao novo veículo, que proíbe adaptações. Após o término do período de garantia do automóvel, o Kit é novamente instalado no automóvel. Um segundo fator diz respeito à liberdade que a instalação do kit oferece ao usuário, permitindo a escolha do combustível a ser utilizado no momento, gás ou combustível tradicional (álcool ou gasolina), o que por si só pode acarretar flutuações no consumo. De qualquer maneira, o consumo de GNV em veículos leves no Rio de Janeiro vem aumentando.

A evolução do consumo de GNV em veículos pesados no Rio de Janeiro, considerando o período de 1994 a 1996 é mostrada na figura 2.2.



Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

**Figura 2.2** - Consumo de GNV pelos veículos pesados no Rio de Janeiro no período de 1994 a 1996.

O consumo de GNV em veículos pesados no Rio de Janeiro sofreu várias oscilações nos últimos três anos. É interessante notar, porém, que a partir de 1995, o consumo de GNV em veículos pesados começou a declinar e, no ano de 1996, este mesmo consumo caiu abruptamente. Isso reforça o que foi dito anteriormente sobre o Rio de Janeiro. Não há um programa de GNV estruturado, com vistas à complementação do uso de óleo diesel na cidade do Rio de Janeiro, apesar das facilidades que a infra-estrutura montada oferece para isso.

#### **2.4.2. Natal**

A experiência com o uso de gás metano em meios de transporte na cidade de Natal teve início em 1984, através de convênio entre a prefeitura local, a *EBTU* e a *BR Distribuidora*, com a implantação do uso do combustível em cinco ônibus urbanos. O abastecimento desses veículos era feito por meio de cilindros trazidos da UPGN de Guamaré (a cerca de 200 km de Natal), por meio de caminhões-feixe.

Outras seis empresas participaram do projeto, perfazendo um total de quarenta e quatro veículos movidos a gás metano, sendo trinta e três ônibus ( três empresas) e onze caminhões ( três empresas). Dos trinta e três ônibus, vinte e oito eram equipados com motor *M-366 G (Mercedez Benz)* e os outros cinco eram equipados com motor *OM-352 (Mercedez Benz)* (Almeida, 1991). Dos onze caminhões de carga, oito eram equipados com motor *GM-292*, um motor *OM-352* e os outros dois com motor *OM-355/5*, todos da *Mercedez Benz*.

Este sistema de abastecimento se mostrou insatisfatório, fazendo-se necessária a implantação de uma estação compressor na cidade de Natal com vistas a atender à demanda crescente por gás metano nos meios de transporte.

Em 1996, a cidade de Natal contava com 1 posto de abastecimento de GNV e 44 veículos, entre ônibus e caminhões, utilizando GNV (*Auto Posto Guanabara*) (BR Distribuidora, 1996: d).

### **2.4.3. Aracaju**

O programa de GNV em Aracaju teve início em 1985 com as operações de abastecimento e compressão realizadas no *terminal de Carmópolis - TECARMO, da PETROBRÁS*, através de convênio entre a prefeitura de Aracaju, a *EBTU* e a *BR Distribuidora*.

Inicialmente, a estação dispunha de condições para abastecimento de até quarenta veículos, mas havia somente quatro veículos convertidos na frota inaugural. Em meados de 1989 já se encontravam em operação trinta veículos e três empresas participantes do projeto (Almeida, 1991).

Destas empresas, duas eram de transporte coletivo urbano, que dispunham de quinze ônibus utilizando o gás metano, equipados com motor *Mercedes Benz OM-352* e outros cinco ônibus equipados com o motor *Mercedes Benz M-366 G*. O terceiro participante era a empresa *Norte Gás Butano*, que operava dez caminhões movidos a gás metano equipados com motor *Mercedes Benz GM-292*. Em 1996 Aracaju contava com 1 posto de abastecimento de GNV e trinta ônibus consumindo GNV (BR Distribuidora, 1996: d).

#### **2.4.4 - Salvador**

Em fins de 1985 foi firmado um contrato entre o governo federal (através da Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - *EBTU*) e o grupo *Ultra* para a implantação de um projeto piloto em Salvador. Este projeto contou com a participação da empresa *Transur* (empresa municipal de transportes). Em um primeiro momento foram convertidos nove ônibus da frota urbana (Almeida, 1991).

Esses ônibus eram abastecidos pelo gás natural proveniente das UPGNs de Catú e Candeias.

No início da década de 90 dez ônibus urbanos movidos com gás metano estavam em uso em Salvador (Balassiano, 1991). Um destes, sofreu processo de “ottolização” (originalmente era movido a óleo diesel), três deles tiveram motor adaptado para o uso de gás metano (originalmente eram movidos a álcool) e o quinto possuía um motor já fabricado para o uso de gás metano (motor *M-366-G da Mercedes Benz*).

#### **2.4.5. Recife**

Com o relativo sucesso obtido em Salvador, o projeto piloto foi aplicado em Recife, em 1986, através de um convênio entre a prefeitura da cidade, a *EBTU*, o grupo *Ultra* e empresários locais. Com a adesão de oito das principais concessionárias de transportes coletivos da região metropolitana, dez ônibus foram submetidos ao projeto (Almeida, 1991).

Inicialmente, a cidade de *Olinda* foi escolhida como sede da estação de compressão, em virtude de sua proximidade com o gasoduto *Nordestão*. Essa estação possuía, na época, capacidade para abastecimento de doze veículos simultaneamente. Em 1992 havia catorze ônibus em circulação adaptados ao uso de gás metano (Balassiano, 1991).

Atualmente o Estado de Pernambuco conta com 3 postos de abastecimento de gás metano, sendo um deles situado na *estrada do Beberibe*, na cidade de *Olinda* (BR Distribuidora, 1996:d).

Outros dois postos para abastecimento de gás metano estão em construção na cidade de Recife: *Posto Duarte Coelho* e *Posto Maurício de Nassau*.

Outras regiões brasileiras deverão contar com postos de abastecimento de GNV em pouco tempo. As cidades de Belo Horizonte, Maceió, João Pessoa e Porto Alegre, por se localizarem próximas a linha de gasodutos, deverão receber o gás natural. A cidade de Vitória possui um posto de abastecimento de GNV. Fortaleza possui 2 postos de abastecimento e alguns veículos fazendo uso deste combustível.

Em Urucu, na Bacia Amazônica, existe uma unidade produtora de gás que queima na torcha cerca de 80.000 m<sup>3</sup>/dia (PETROBRÁS-DEPIN, 1996), que poderiam ser aproveitados de forma racional. Ocorre situação semelhante no Ceará ( na ASFOR), onde são queimados cerca de 43.000 m<sup>3</sup>/dia. Estes volumes somados representam 44,9 Mm<sup>3</sup>/ano.

Sabendo-se que o consumo de GNV em 1996 no Brasil foi aproximadamente de 36 Mm<sup>3</sup>, os volumes queimados nestas duas unidades de produção mostram-se extremamente altos. No caso de Fortaleza, o gás natural desperdiçado poderia ser aproveitado na frota a gás existente, contribuindo para um incremento no programa. No caso do gás natural extraído em Urucu, a dificuldade em seu aproveitamento está no isolamento da região. A

cidade de Manaus, por exemplo, onde poderia ser criado um programa de uso de gás natural em veículos, é muito distante de Urucu e não há infra-estrutura de transporte de gás natural disponível entre as duas localidades, inviabilizando o processo.

## **Capítulo 3**

### **O suprimento de derivados e a utilização do gás metano (fóssil e de biomassa) em São Paulo**

#### **3.1. Introdução**

Este capítulo trata da situação dos programas de GNV em São Paulo. Mostra a configuração atual dos transportes coletivos urbanos e o problema das emissões veiculares originadas pela queima de combustíveis fósseis na cidade de São Paulo.

O gás metano obtido através da biodigestão da vinhaça é analisado como uma alternativa, sendo expostos alguns parâmetros importantes, que são analisados mais profundamente no capítulo posterior.

Para o desenvolvimento deste capítulo, a pesquisa realizada em campo foi de fundamental importância. Em visitas realizadas a PETROBRÁS (DTCS - Utinga) e REPLAN, foram obtidos dados importantes a respeito da situação dos derivados no Estado de São Paulo e sobre o andamento do programa de GNV da capital paulista. A destilaria São João serviu como base para a obtenção dos dados referentes a biodigestão da vinhaça. Não menos importante, porém, foi a pesquisa da bibliografia sobre o assunto, através da qual foi possível uma comparação entre situações reais e empíricas.

#### **3.2. Transportes coletivos urbanos na cidade São Paulo**

Nos últimos anos, a participação do transporte individual em relação aos transportes coletivos, vem aumentando na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP.

Segundo dados da Secretaria dos Transportes Metropolitanos, em 1967 o transporte individual respondia por cerca de 32% do total de viagens motorizadas na RMSP, passando a 45% em 1995. Os transportes coletivos que em 1976 representavam 68% das viagens realizadas, em 1995 responderam por 55% (SMA-SP, 1997).

Os modos de transporte coletivo na RMSP são: metrô, trem metropolitano, ônibus diesel e trólebus. A demanda por esses meios de transporte pode ser vista na tabela 3.1.

**Tabela 3.1** - Evolução da demanda de passageiros na RMSP (x 1000 passageiros)

Ano	Ônibus Diesel	Trólebus	Metrô	Trem Metropolitano
1990	2.524.322	82.946	609.386	290.248
1991	2.288.828	72.285	655.026	312.169
1992	2.175.230	68.419	623.945	240.345
1993	2.185.346	70.559	608.619	224.874
1994	2.213.704	71.612	623.808	245.193
1995	2.426.607	78.426	694.028	254.162

Fonte: SMA-SP/Docum. de Discussão Pública - "Por um Transporte Sustentável", São Paulo, 1997.

A tabela 3.1 mostra uma estagnação relativa do setor diante das viagens motorizadas.

Mesmo assim, a RMSP enfrenta um aumento da utilização de veículos motorizados, que reflete no aumento do consumo de gasolina, álcool e óleo diesel.

As conseqüências deste fato são: aumento de congestionamentos no sistema viário e aumento nas emissões de poluentes. Para reforçar o que foi dito anteriormente, a tabela 3.2 mostra os números relativos à composição da frota metropolitana de veículos.

**Tabela 3.2** - Composição da frota metropolitana de veículos, em unidades

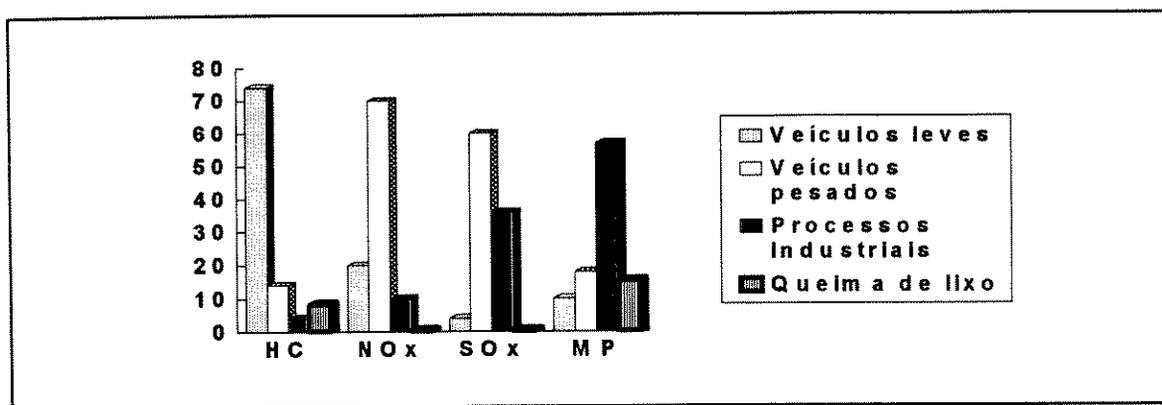
<b>Ciclo Motor</b>	<b>Combustível</b>	<b>Capital</b>	<b>Municípios da RMSP</b>
Otto	Alcool	1.237.479	221.031
	Gasolina	2.690.480	555.878
	<b>TOTAL</b>	<b>3.927.959</b>	<b>776.909</b>
Diesel	Caminhões	151.096	54.804
	Camionetas	70.718	15.955
	Ônibus	11.000	11.200
	Micro Ônibus	34.688	3.849
	<b>TOTAL</b>	<b>267.502</b>	<b>85.808</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>4.195.461</b>	<b>862.717</b>

Fonte: SMA-SP/Docum. de Discussão Pública -“Por um Transporte Sustentável”, São Paulo, 1997.

Observando os dados da tabela 3.2, constata-se que a frota de **ônibus diesel** na capital atinge o total de **11.000** unidades. Estes ônibus poderão se tornar elementos-chave num eventual programa de complementação do uso de óleo diesel.

### **3.3. Os problemas ambientais na RMSP causados pelo uso de derivados de petróleo no transporte urbano**

As principais fontes de poluição atmosférica nos grandes centros urbanos são os veículos automotores. Em seguida vêm as atividades industriais, a queima de resíduos e a movimentação e estocagem de combustíveis. A figura 3.1 mostra uma comparação entre os tipos de poluentes e participação das principais fontes emissoras na Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: Elaboração própria a partir de: CETESB 1992, "A participação dos veículos na poluição do ar em São Paulo"

**Figura 3.1** - Participação relativa de poluentes, segundo fontes de emissão, na RMSP em 1992.

A Região Metropolitana de São Paulo sofre os efeitos da poluição causada, principalmente, pelo excesso de veículos em circulação. Este excesso é responsável pelas condições de tráfego lento e aumento de emissões de poluentes causando, em determinadas épocas do ano, como no inverno, níveis alarmantes de poluição atmosférica.

**Tabela 3.3** - Estimativa de emissão das fontes poluentes na RMSP em 1995 (1000 t/ano)

Tipo de Fonte		CO	HC	
Fixas	Industrial (ano de 1990)	38,6	12	
	Veículos	Gasolina	859,2	72,6
Álcool		294,8	33,4	
Diesel		503,1	82	
Táxi (1994)		44,8	4	
Motocicletas (1994)		30	6,6	
Móveis	Cárter	Gasolina	0	119,5
		Álcool	0	34,1
		Motocicletas (1994)	0	2,2
	Transferência	Gasolina	0	13,4
		Álcool	0	3,3
<b>TOTAL</b>		<b>1.770,50</b>	<b>383,1</b>	

Fonte: Extraído de: SMA-SP/Docum. de Discussão Pública - "Por um Transporte Sustentável", São Paulo, 1997. Obs: gasolina contendo 22% de álcool anidro.

A maior carga poluente é originária, de fato, dos veículos automotores. No que se refere à emissões de CO, os veículos automotores, aqui representados pelas fontes móveis, participam com aproximadamente 97,8% do total de CO emitido. Quanto às emissões de hidrocarbonetos, as fontes móveis representam cerca de 96,9% do total de emissões. Na tabela 3.4 é feita uma comparação entre as emissões causadas pelas fontes móveis.

**Tabela 3.4** - Emissões de poluentes pelas fontes móveis na RMSP em 1995 (1000 t/ano)

<b>Poluentes</b>	<b>Frota de automóveis</b>	<b>Veículos pesados</b>	<b>Ônibus</b>
CO	1.731,9	503,1	31,59
HC	371,1	82	5,15
NOx	436,8	367,4	23,07
SOx	85,7	76,9	4,83
MP	40,7	22,9	1,44

Fonte: SMA-SP/Docum. de Discussão Pública -“Por um Transporte Sustentável”, São Paulo, 1997.

Os dados contidos nas tabelas 3.2 e 3.4 devem ser analisados com base em algumas ressalvas. É necessária uma análise levando-se em conta a utilização de cada tipo de veículo segundo sua finalidade. Teoricamente, um automóvel comum roda menos que um táxi, que roda menos que um ônibus de transporte coletivo. Desta maneira, o mais correto é trabalhar com os chamados *percursos médios anuais - PMA*, como maneira de corrigir certas distorções. *Um exemplo disso, é a frota metropolitana de ônibus urbanos, que, com cerca de 22.200 veículos, o que representa 0,4% da frota total, é responsável por cerca de 5,64% do SOx emitidos, pois um ônibus coletivo urbano possui um PMA de 80.000 km enquanto automóveis movidos a álcool ou gasolina possuem um PMA de 12.000 Km. (SMA-SP, 1997).*

Para contornar o problema, principalmente na estação seca (inverno), o rodízio de veículos foi a solução encontrada, apesar de certa contrariedade por parte dos usuários de automóveis, que reclamaram da qualidade do serviço oferecido pelos transportes públicos de passageiros. A restrição ao tráfego de veículos pesados em determinados horários, chamados *horários de pico*, é outra alternativa. Segundo a CET - Companhia de Engenharia de Tráfego, cerca de 300.000 caminhões circulam diariamente pela capital paulista, o que torna o trânsito lento. Esta idéia, porém, não agrada aos comerciantes e empresários que apontam, entre outras coisas, a possibilidade do aumento de custos no transporte de mercadorias e desabastecimento.

A melhoria da qualidade dos serviços nos transportes públicos e o uso de combustíveis menos agressivos ao meio ambiente na frota de transporte coletivo de passageiros, por exemplo, o gás metano, são objetivos que devem ser buscados pelas autoridades governamentais. Alcançados estes objetivos, é possível que ocorra uma mudança de mentalidade, com a conscientização, por parte da população, de um uso mais racional do automóvel.

Os problemas da cidade, porém, não se restringem somente a questões ligadas aos combustíveis ou meios de transporte utilizados pela população. Existem problemas relacionados, ou melhor, originados em razão de falhas na infra-estrutura urbana. A partir disso, a prefeitura de São Paulo elaborou um novo plano diretor para a cidade, e o publicou em meados de maio de 1997. Tal plano tem como “viga mestra” o adensamento populacional em determinadas áreas da cidade, através da verticalização das novas construções. Tais áreas são consideradas passíveis de crescimento populacional, segundo os técnicos da prefeitura, pois possuem uma infra-estrutura ociosa. São elas: Liberdade e Santa Cecília (centro), Vila Mariana e Jabaquara (zona sul), Mooca e Tatuapé (zona leste), Perdizes e Barra Funda (zona oeste) e Santana e

Limão (zona norte). O plano diretor em questão tem sofrido várias críticas por parte de arquitetos e urbanistas, pois não leva em consideração algumas etapas necessárias para um estudo de tal dimensão, por exemplo, um diagnóstico da população e infra-estrutura da cidade, previsão de necessidades futuras, falta de estratégias para solução de problemas relacionados com saneamento, meio ambiente, circulação, transportes, expansão da cidade e custos envolvidos, etc.

Com a ausência de um planejamento mais sólido, o sistema viário e o sistema de transporte coletivo serão extremamente influenciados, já que os congestionamentos deverão aumentar, bem como a demanda por transportes coletivos nessas regiões, o que acarretará um agravamento nas condições de transporte e meio ambiente das mesmas.

### **3.4. O suprimento de derivados no Estado de São Paulo**

São Paulo é o estado mais populoso do país e possui a concentração industrial mais expressiva do Brasil. A indústria brasileira do petróleo tem em São Paulo o maior número de refinarias por unidade da federação (quatro). Tais refinarias operam com uma capacidade de refino da ordem de 750.000 barris/dia, ou seja, aproximadamente 50% da capacidade total do país (PETROBRÁS, 1995). São Paulo possui, ainda, dois terminais marítimos de grande porte (TEDEP e TEBAR), bases, estações e uma rede de aproximadamente 2.300 km de extensão de oleodutos e gasodutos, que representam quase metade da rede de dutos do país (PETROBRÁS, 1995), o que permite integrar as refinarias aos centros de consumo. As refinarias são as seguintes:

- Refinaria de Paulínia - REPLAN

Localizada em Paulínia, é a maior do Brasil em volume de petróleo refinado, com capacidade de processamento de cerca de 300.000 barris/dia, o que corresponde a aproximadamente 25% do refino do país (PETROBRÁS, 1995).

Abastece parte da grande São Paulo, interior paulista, triângulo mineiro, Mato Grosso do Sul, Brasília e norte do Paraná.

- Refinaria de Capuava - RECAP

Localizada em Mauá, possui capacidade para processar cerca de 38.000 barris/dia, que representam cerca de 3% da produção nacional de derivados (PETROBRÁS, 1995).

Além dos derivados, a RECAP produz também o chamado óleo diesel metropolitano, usado na Grande São Paulo.

- Refinaria Henrique Lage - REVAP

Localizada em São José dos Campos, é uma das mais modernas do país com capacidade para processamento de aproximadamente 227.000 barris/dia, número este que representa 15% do petróleo refinado no país (PETROBRÁS, 1995).

Abastece o litoral norte do Estado de São Paulo, parte da grande São Paulo (zona leste), sul de Minas Gerais, Vale do Paraíba, Barra Mansa, Resende, Volta Redonda e os aeroportos de Congonhas e Cumbica em São Paulo

- Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão - RPBC

Localizada no pólo petroquímico de Cubatão, possui capacidade para processar cerca de 170.000 barris/dia, participando com aproximadamente 13% do total do petróleo refinado no país (PETROBRÁS, 1995). Atende aos mercados da Baixada Santista e litoral sul paulista.

O abastecimento da Grande São Paulo pode ser feito por qualquer uma dessas quatro refinarias, pois existe a sua interligação através de um sistema de dutos. O fornecimento dos produtos obtidos para as companhias distribuidoras é feito através de três bases situadas na grande São Paulo: Guarulhos, Barueri e Utinga (DTCS). É comum haver transferência de produtos entre refinarias. A REPLAN é um exemplo disso. Esta refinaria não consegue atender à demanda por óleo diesel em alguns meses do ano, sendo suprida pela REVAP.

Da mesma maneira como acontece no restante do Brasil, o problema de suprimento de alguns derivados de petróleo acontece também no Estado de São Paulo

Os volumes produzidos de óleo diesel, GLP e gasolina, pelas refinarias sediadas no estado não são suficientes para abastecimento de suas regiões de atuação, havendo necessidade de importação. Um exemplo disso é a estratégia da PETROBRÁS para solucionar o problema de abastecimento de GLP, tentando convencer a opinião pública dos benefícios advindos da estocagem subterrânea de GLP importado, embaixo do Terminal Almirante Barroso - TEBAR, em São Sebastião, no litoral paulista.

O "Projeto das Cavernas", como é conhecido, consiste em uma ampliação do portão do TEBAR, no canal de São Sebastião, defronte à Ilha Bela, para atracação e descarga de navios "propaneiros", que trarão o GLP importado. Sob o TEBAR, situado em plena área urbana da cidade, seriam construídas duas cavernas com capacidade para armazenar 100 mil m<sup>3</sup> de GLP a -12 °C, com paredes escavadas na própria rocha, seladas com água congelada, com dutos de ligação até a cidade de Guararema. Estranha-se a rapidez da PETROBRÁS na elaboração deste projeto (até 1990 não havia qualquer registro sobre o projeto), o que indica que a sua execução está relacionada à criação de um estoque estratégico de GLP com vistas ao controle de uma possível situação de

desabastecimento, causada pela elevação do consumo, ou em razão de uma greve dos petroleiros, que interromperia as operações de craqueamento/destilação nas refinarias.

De qualquer maneira, é possível concluir que tal projeto em nada contribui para o problema do estrangulamento do GLP, mas agrava o mesmo, já que, no mínimo, o objetivo é importar maiores volumes de GLP e não erradicar seu uso ilegal, nem descartelizar o mercado.

### **3.5. O uso ilegal de GLP no Estado de São Paulo**

O Estado de São Paulo apresenta um alto índice de uso ilegal de GLP, principalmente em motores de veículos convertidos clandestinamente.

Segundo dados obtidos no trabalho “Uso indevido de GLP: Proposta de combate ao desperdício”, de autoria de Miguez, J.D.G.(M.M.E.) e Passos, M.F.S.A. (PETROBRÁS), apresentado no VI Congresso Brasileiro de Energia, em 1994, São Paulo é o estado brasileiro que apresenta maior consumo ilegal de GLP, aproximadamente 234.385 t/ano.

Esta quantidade consumida se divide entre 134 municípios, ultrapassando a média estabelecida para as cidades da região Sudeste (entre 2 e 4 kg/hab./mês).

A tabela 3.5 mostra uma lista com algumas cidades do estado que apresentam um alto consumo de GLP.

**Tabela 3.5** - Algumas cidades suspeitas de uso indevido de GLP no Estado de São Paulo em 1994.

Município	População (mil hab.)	Consumo (kg/hab/mês)
Iporanga	5.157	92,3
Timburi	2.583	37,2
Manduri	5.488	22,9
Suzano	128.924	10,7
Embú	119.791	6,3
Itaquaquetuba	91.366	13,4
Praia Grande	82.533	6,7

Fonte: Extraído de: "Uso indevido de GLP: proposta de combate ao desperdício". (Passos e Míguez, 1994).

Algumas cidades mostradas na tabela acima apresentam um consumo de GLP acima do normal. No caso de Suzano, Embú e Itaquaquetuba, provavelmente está ocorrendo um uso industrial do GLP, pois são cidades da Região Metropolitana de São Paulo que possuem indústrias instaladas em sua área. Neste caso, é provável que esteja ocorrendo o uso de GLP em empilhadeiras, maçaricos e oficinas. No caso das outras cidades, como por exemplo Iporanga, que possui um consumo altíssimo de GLP e não é caracterizada como uma cidade industrial, é provável que esteja ocorrendo o uso ilegal de GLP em conversões clandestinas de motores de camionetas e veículos de serviço. O uso do gás natural em lugar do GLP, neste caso, seria uma solução na tentativa de eliminação deste uso irregular. Isso, porém, não depende somente da chegada do gás natural a essas regiões. A diferença de preços dos dois combustíveis e o investimento na compra do kit de conversão são duas questões fundamentais e que devem ser levadas em consideração, ou seja, os usuários de GLP somente usarão o gás natural nos veículos se o seu preço for realmente compensador se comparado ao do GLP, o que estimularia o investimento na conversão.

### 3.6. O programa de utilização de GNV na cidade de São Paulo

O programa de uso de gás metano na frota da cidade de São Paulo teve início em 1983, através de um convênio envolvendo a Companhia Municipal de Transportes Coletivos - CMTC, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP e a MERCEDEZ BENZ do Brasil.

Através deste convênio, o IPT ficou encarregado de desenvolver um Kit de conversão para adaptação nos ônibus urbanos existentes. Este Kit foi inicialmente adaptado em 3 ônibus equipados com motor OM-352 Mercedes Benz.

A Mercedes Benz ficou encarregada de produzir um chassi de ônibus e um motor para o uso do gás metano. O primeiro protótipo surgiu ainda em 1983, equipado com motor OM-352. Mais tarde seria projetado o motor M 366G para uso exclusivo com gás metano.

A SABESP ficou encarregada de questões ligadas ao combustível, como logística e análise das emissões dos motores.

Um ano após a assinatura do convênio, havia na cidade de São Paulo 3 ônibus usando o gás metano. Atualmente, a cidade de São Paulo conta com uma frota de cerca de 137 ônibus operando com o gás metano.

A partir da experiência com os ônibus, os automóveis também começaram a utilizar o gás metano, através da instalação de um Kit de conversão. Estes automóveis são, na maioria, táxis. Atualmente, a frota de táxis que utiliza o gás metano é expressiva. Segundo estimativas da *BR Distribuidora*, atualmente existem cerca de 3.000 táxis que fazem uso do gás metano na cidade de São Paulo.

Para dar assistência a esses veículos, existem 7 oficinas convertedoras credenciadas pelo INMETRO, sendo seis delas localizadas na capital e uma localizada na cidade de Vinhedo. Estas oficinas estão aptas a realizar conversões, manutenções e prestar serviços aos usuários que utilizam veículos movidos a gás. Para atender a esses consumidores, a COMGÁS - Companhia Estadual de Gás, distribui o gás metano para aproximadamente 18 postos de abastecimento na cidade de São Paulo.

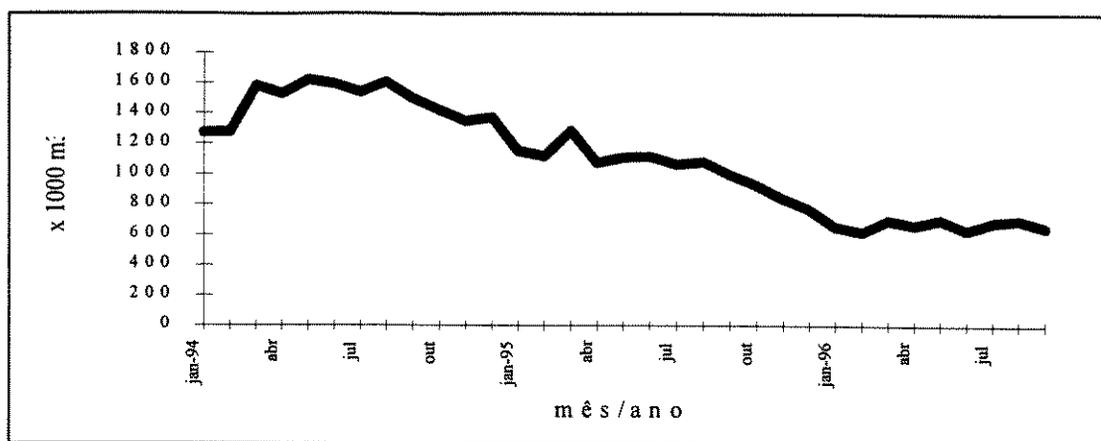
Com o aumento no consumo de gás natural no Estado de São Paulo é possível que sejam criados postos de abastecimento em outras regiões. A atual estrutura de consumo é mostrada na tabela 3.6.

**Tabela 3.6** - Número de consumidores de gás natural no Estado de São Paulo

Área	Industrial	Co- geração	Comercial	Institucional	Residencial	Veicular
S. J. dos Campos	1	-	50	-	2.500	-
São Paulo	493	-	6.492	-	253.013	18
Cubatão	7	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	501	-	6.542	-	255.513	18

Fonte: (PETROBRÁS, 1996:b).

Enquanto o uso do gás natural não é ampliado, os postos de GNV espalhados pela cidade de São Paulo abastecem os veículos leves e pesados. O consumo de GNV em veículos leves tem diminuído nos últimos anos, conforme indicado na figura 3.2.

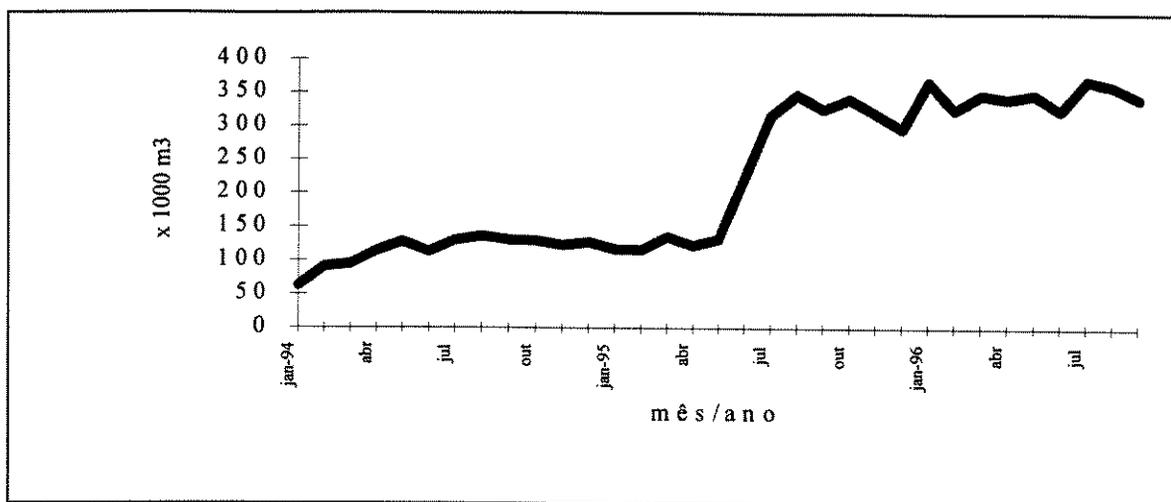


Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

**Figura 3.2** - Evolução do consumo de GNV pelos veículos leves na cidade de São Paulo no período de 1994 a 1996.

Ao contrário do que acontece no Rio de Janeiro, o consumo de GNV em São Paulo vem apresentando uma queda significativa nos últimos dois anos. A razão disso é que São Paulo ainda não possui um programa estruturado de utilização de gás metano em veículos leves, apesar da boa infra-estrutura que oferece aos usuários do sistema (número de postos de abastecimento e oficinas convertedoras). Somente táxis e algumas empresas (por exemplo a *Souza Cruz*) fazem uso do gás metano em seus veículos.

O consumo de GNV em veículos pesados (ônibus urbanos), ao contrário, tem experimentado um aumento nos últimos dois anos. A evolução do consumo de GNV em veículos pesados na cidade de São Paulo pode ser vista na figura 3.3.



Fonte: Elaborado a partir dos dados contidos no relatório mensal (set/96) da BR Distribuidora - gerência de gás, 1996 (BR Distribuidora, 1996: a).

**Figura 3.3** - Evolução do consumo de GNV pelos veículos pesados na cidade de São Paulo no período de 1994 a 1996.

Através da análise da figura 3.3 é possível perceber uma elevação substancial no consumo do combustível em meados de maio/junho de 1996. Isso se deve a uma reestruturação do programa de GNV para veículos pesados, ocorrida nessa época, na capital paulista. A partir de então, um grande número de ônibus começou a ser convertido para o uso de gás metano, em face da preocupação com os níveis de poluição atingidos na região metropolitana, causados, principalmente, pelas emissões em motores alimentados a óleo diesel.

Desta maneira, ao contrário do que acontece na cidade do Rio de Janeiro, a cidade de São Paulo possui um programa de GNV para veículos pesados mais bem estruturado atualmente.

O consumo de GNV na cidade de São Paulo, atualmente em torno de 960.000 m<sup>3</sup>/mês, permite prever um mercado promissor para o gás natural veicular na capital paulista.

Ao contrário dos outros estados brasileiros, o mercado paulista apresenta uma competição maior entre as companhias distribuidoras de combustíveis, que o disputam palmo a palmo. Segundo Gustavo de Carvalho, gerente do DTCS, *“este mercado tende a ser ainda mais disputado a partir do momento em que o governo e os dirigentes políticos estabelecerem programas mais sólidos para a substituição de combustíveis em frotas urbanas”*.

### **3.6.1. Possibilidades da utilização do GNV no Estado de São Paulo**

Atualmente, somente a cidade de São Paulo dispõe de infra-estrutura para fornecer o gás natural veicular aos usuários. Isso acontece em razão da rede de gás disponível na cidade e da disponibilidade do gás, proveniente das bacias de Campos e Santos, entre outros fatores.

No Estado de São Paulo, porém, o uso do gás natural como combustível veicular depende da implantação de uma infra-estrutura e do fornecimento do gás natural. No Estado de São Paulo, a consolidação do uso do GNV deve ocorrer a nível regional.

Atualmente, o gás natural é fornecido para algumas regiões do Estado de São Paulo.

Além da capital, algumas cidades do Vale do Paraíba e da Baixada Santista são abastecidas pelo gás natural. No Vale do Paraíba, a infra-estrutura de fornecimento do gás natural já permite a instalação de postos de GNV, principalmente em cidades que são ligadas por redes ao gasoduto (GASPAL). As cidades de São José dos Campos, Lorena, Taubaté, Cruzeiro e Pindamonhangaba, por exemplo, possuem condições de implantação de postos de abastecimento de GNV.

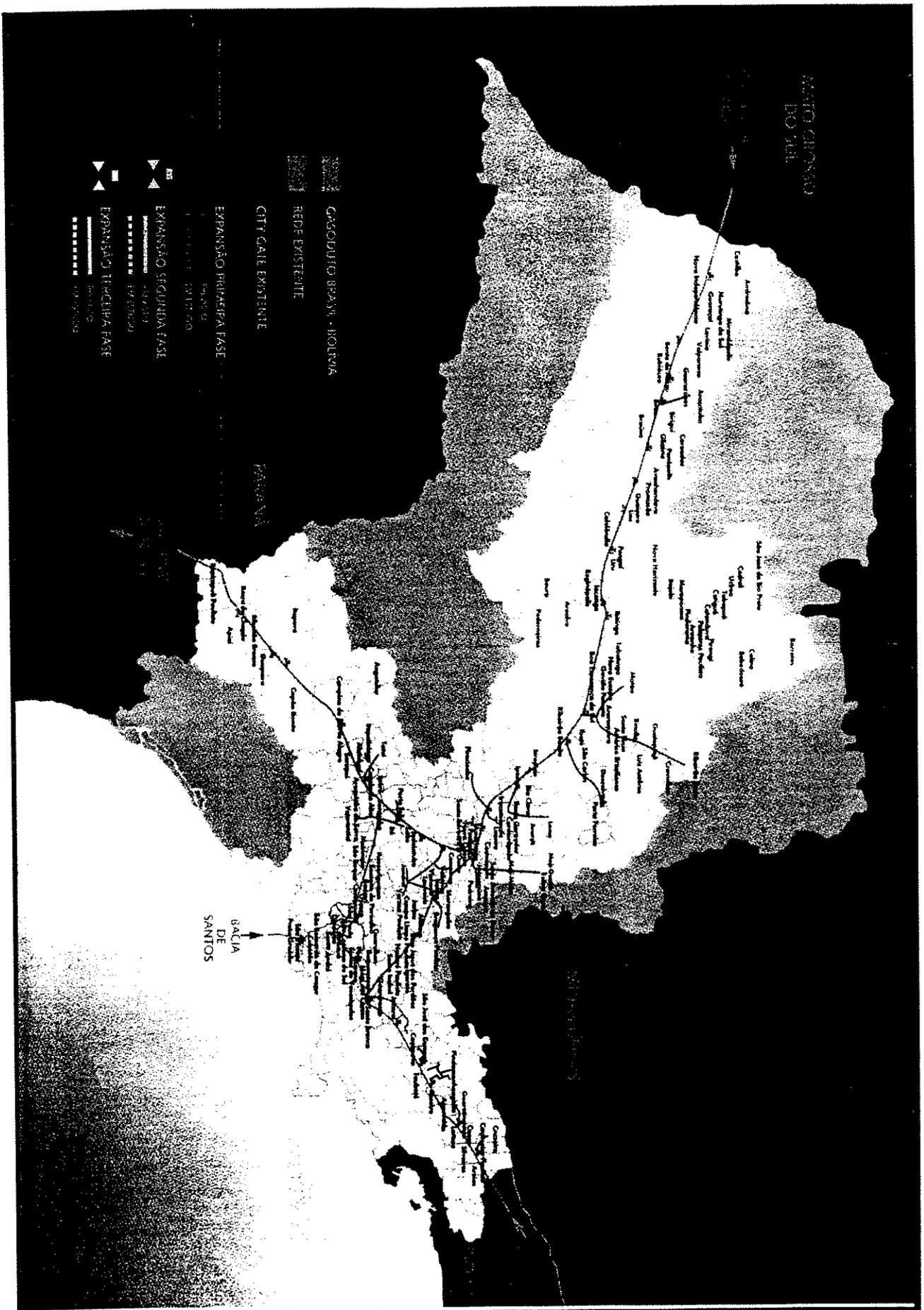
A infra-estrutura para suprimento de gás natural no Vale do Paraíba, Baixada Santista e na Região Metropolitana de São Paulo pode ser vista na figura 3.4. A partir desta figura, pode se concluir que é perfeitamente possível a utilização do gás natural como combustível veicular na região. A implantação de postos de abastecimento nas cidades próximas ao traçado do gasoduto ou ao longo da rodovia Presidente Dutra é perfeitamente factível.

Outra região do estado que poderá desenvolver o uso do gás natural é a região circunvizinha ao gasoduto Bolívia-Brasil. Segundo informações da COMGÁS, ao longo do eixo do gasoduto serão criados vários City Gates e redes de escoamento de gás.

Algumas cidades sediadas ao longo do traçado do gasoduto, como Araraquara, São Carlos, Piracicaba e as cidades da Região Metropolitana de Campinas, poderiam perfeitamente desenvolver o uso do gás natural em suas frotas de ônibus urbanos.

Conseqüentemente, outros usuários do combustível surgiriam (táxis, frotas de serviço, frotas de ônibus). A chegada do gás natural ao interior do Estado de São Paulo poderá proporcionar uma queda no consumo de óleo diesel, caso faça parte do projeto, a elaboração de programas de uso veicular para o gás natural

A figura 3.4 mostra, ainda, um projeto de distribuição do gás natural no Estado de São Paulo. Em uma primeira fase, serão fornecidos aproximadamente 8 Mm<sup>3</sup>/dia de gás natural proveniente da Bolívia.



Fonte: COMGAS 1996

Figura 3.4 - Previsão para distribuição do gás natural no Estado de São Paulo

### 3.7. O gás metano obtido a partir da vinhaça

A vinhaça é um importante resíduo obtido no processo de fabricação do álcool. Isso se justifica em virtude de dois fatores: grande volume de vinhaça gerado no processo (12 litros de vinhaça para cada litro de álcool, em média) e elevado potencial poluidor.

A vinhaça pode ser considerada uma suspensão de sólidos orgânicos e minerais, contendo resíduos de açúcar, álcool, componentes do vinho não arrastados na etapa da destilação e compostos voláteis mais pesados.

Seu potencial poluidor advém do fato de se tratar de uma suspensão com teor de sólidos em torno de 7%, dos quais 75% são orgânicos e biodegradáveis, apresentando elevado DQO e DBO (IPT, 1990). Possui PH em torno de 4,3 e é obtido a altas temperaturas, o que lhe confere caráter corrosivo. Sua composição depende de fatores como: natureza e composição da matéria prima, tipo de preparo do mosto (melaço, caldo ou misto), método/condução da fermentação e destilação, levedura e equipamentos utilizados no processo.

Pode ser usada, também, na forma concentrada (60% de sólidos totais) como fertilizante e complemento de ração. Em geral, é empregada “in natura” na lavoura canavieira, desempenhando o papel de fertilizante.

A vinhaça é um resíduo industrial que possui características combustíveis.

Submetendo-a a um processo de digestão anaeróbia, a matéria orgânica é convertida numa mistura de gases, composta basicamente por gás metano, dióxido de carbono e resíduos de ácido sulfídrico (Cortez e Lora, 1997), também conhecido como *biogás*.

Este biogás contém cerca de 60 a 65% de gás metano em volume. Considerando valores médios, a partir de 1 tonelada de cana de açúcar esmagada obtém-se cerca de 11.830 litros de metano a 65%. Este volume representa um conteúdo energético da ordem de 251 MJ (Cortez et alii, 1992).

Quando submetido a um processo de purificação, o biogás é convertido quase que exclusivamente em gás metano. As frações de dióxido de carbono e ácido sulfídrico são quase que totalmente eliminadas, restando 98 a 99% de gás metano.

### **3.7.1. Utilizações do gás metano de vinhaça**

O biogás obtido no processo pode ter dois destinos: emprego como combustível complementar na frota de caminhões transportadores de cana, tratores e automóveis, ou substituir parte do bagaço usado para geração de vapor na destilaria

No caso do emprego como combustível automotivo, alvo de interesse deste trabalho, há a necessidade de purificação do biogás, pois os motores não aceitam as impurezas intrínsecas.

O dióxido de carbono confere ao biogás somente volume de armazenamento, não representando importância do ponto de vista energético. Pode ser removido através de sistemas de lavagem com água, cal (NaOH), solução de carbonato de potássio e etanolaminas.

O ácido sulfídrico <sup>1</sup>, responsável pela corrosão em tubulações, deve ser eliminado através da passagem do gás por um sistema de esponjas ou limalhas de ferro.

---

<sup>1</sup> O ácido sulfídrico presente no biogás é resultado da presença de sulfato (SO<sub>4</sub>) no vinhaça e depende do tipo de mosto utilizado. Os valores médios são os seguintes: melaço - 6.400 mg SO<sub>4</sub>/litro; caldo - 600 a 760 mg SO<sub>4</sub>/litro e misto - 3.700 a 3.730 mg SO<sub>4</sub>/litro. (IPT, 1990).

Com isso, o biogás atinge a concentrações próximas a 99% gás de metano, podendo ser utilizado em motores de combustão interna (IPT, 1990).

**As principais vantagens da biodigestão do vinhaça são:**

- controle de poluição de lagos, rios e lençóis freáticos,
- eliminação de mau cheiro e proliferação de insetos, principalmente moscas,
- geração de energia renovável na forma de gás metano,
- possibilidade de complementação do uso de óleo diesel na frota canavieira,
- possível economia de bagaço (queima do gás nas caldeiras),
- manutenção de nutrientes como N, P e K encontrados na vinhaça “in natura”.

**As principais desvantagens da biodigestão da vinhaça são:**

- necessidade de controle operacional adequado (porém não sofisticado)
- falta de tradição do uso dessa tecnologia pelas destilarias,
- falta de incentivos para o uso de combustíveis alternativos,
- falta de interesse na conservação de energia no setor.

### **3.7.2. O gás metano renovável no Brasil**

As experiências com gás metano renovável no Brasil não são recentes. No início da década de 80, com o auge da produção de álcool no Brasil, a produção de vinhaça tornou-se abundante, transformando-se em um problema nas destilarias. A partir de 1981 o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo iniciou estudos para biodigestão da vinhaça, em parceria com a empresa PAISA SA de Alagoas (IPT, 1990).

Pouco depois, ocorreu também, o envolvimento da CETESB. Em 1983, a COPERSUCAR construiu na Usina Iracemópolis, no interior de São Paulo, uma planta piloto para processamento anaeróbio da vinhaça. Em 1984 a CODISTIL, empresa

fabricante de equipamentos para indústrias alimentícias e sucroalcooleiras, instalou biodigestores de fluxo ascendente nas Usinas São Luiz e destilaria São João, ambas do grupo Dedini-Ometto (Ferreira, 1990).

Na Usina São Luiz, localizada na cidade de Pirassununga - SP, o projeto não foi adiante, sendo desativado alguns anos depois.

### 3.7.3. Destilaria São João - Um estudo de caso

Localizada na cidade de São João da Boa Vista, no interior de São Paulo, a destilaria São João manteve em operação uma planta de biodigestão anaeróbia de vinhaça até o final de 1997. Esta planta era equipada com um reator de fluxo ascendente, cuja capacidade nominal situava-se na faixa de 1.500 m<sup>3</sup>/dia de processamento de vinhaça. O gás metano obtido era utilizado em parte da frota canavieira. Cerca de 55 veículos, entre automóveis, pick-ups e caminhões, foram convertidos para o uso de gás metano. A maioria desses veículos eram movidos a álcool anteriormente. A tabela 3.7 mostra os dados da frota da empresa na safra 93/94.

**Tabela 3.7** - Dados da frota da Destilaria São João (relativo a safra 93/94).

	Caminhões	Automóveis	Camionetas
Distância percorrida com álcool (km)	25.856	5.046	50.242
Distância percorrida com metano (km)	694.626	24.433	307.510
Consumo de álcool (litros)	32.078	664	16.404
Consumo de metano (Nm <sup>3</sup> )	480.985	2.141	50.904
Rendimento com álcool (km/l)	0,8	7,6	3,1
Rendimento com metano (km/Nm <sup>3</sup> )	1,44	11,4	6,04

Fonte: Elaborado a partir de dados próprios, obtidos em pesquisa junto à empresa.

Comparando os dados da tabela acima, é possível perceber que o rendimento dos veículos analisados varia bastante de acordo com o combustível. No caso dos caminhões

e camionetas, o rendimento com o gás metano chega a ser o dobro. Considerando este ponto de análise, torna-se perfeitamente cabível a substituição do álcool pelo gás metano. Nesta empresa, entretanto, ocorre a produção de um grande volume excedente de álcool. Este fato inviabiliza o consumo de gás metano na frota como complemento ao álcool, pois não há necessidade desta complementação.

Quanto à complementação do uso de óleo diesel pelo gás metano na frota canavieira, não há perspectivas que indiquem esta possibilidade. As razões para isso são:

- uso de caminhões com motores de pequena potência movidos a álcool,
- uso de caminhões com motores de grande potência movidos a óleo diesel.

No primeiro caso, os motores são na grande maioria movidos a álcool, não havendo interesse na substituição, já que o álcool é o combustível obrigatoriamente produzido no processo. No segundo caso, acontece um fenômeno mais amplo. O setor sucroalcooleiro mudou as características do transporte de cana nos últimos anos. Ao invés de caminhões comuns, as empresas estão usando os chamados *treminhões*. Estes veículos fazem uso de motores mais potentes (cerca de 240 CV, contra os 130 CV do caminhões comuns) em virtude do aumento da carga a ser transportada. Esses motores consomem única e exclusivamente óleo diesel, pois nessa faixa de potência não existem motores desenvolvidos para o uso de combustíveis gasosos.

Em consideração a estes fatores, a empresa está desativando a planta de biodigestão, sob alegação de que a produção de gás metano com o objetivo de complementação do uso de álcool e óleo diesel é inviável.

Desta maneira é possível prever um aumento substancial do consumo de óleo diesel na cadeia produtiva do álcool. Em termos comparativos, um caminhão comum

consome um litro de álcool para rodar cerca de 2 quilômetros, enquanto um treminhão consome um litro de óleo diesel para rodar aproximadamente 0,9 quilômetros.

A empresa fez um teste com o gás metano nos treminhões e os resultados não foram satisfatórios. Segundo os técnicos da empresa, os caminhões perdiam muita potência e a frequência de manutenção (aquecimento e entupimento dos bicos injetores) aumentou muito, inviabilizando o processo.

Esta empresa possui uma capacidade de produção de aproximadamente 55 milhões de litros de álcool por safra e 350 t/dia de açúcar. Em todo seu processo produtivo, ela consumiu aproximadamente 5 milhões de litros de óleo diesel (safra 96/97). Nesta mesma safra, a planta de biodigestão produziu aproximadamente 2.296 Nm<sup>3</sup>/dia de gás metano (98 a 99%).

**Baseado na pesquisa realizada na destilaria São João é possível concluir que os empresários do setor sucroalcooleiro não têm intenções de proceder a uma complementação no uso do álcool ou óleo diesel com a utilização do gás metano de vinhaça. Mesmo com as vantagens que o gás metano oferece, há a preferência no uso do álcool, produzido de forma obrigatória no processo. O uso do óleo diesel nos treminhões é visto com bons olhos pelos empresários do setor, que, despreocupados com as importações crescentes do derivado e o nível de emissões dos motores a diesel, alegam ser ele um combustível barato.**

## **Capítulo 4**

### **Aspectos técnicos, econômicos e ambientais do uso de gás metano em veículos**

#### **4.1. Introdução**

Este capítulo tem como objetivo mostrar os aspectos técnicos, econômicos e ambientais da conversão de motores para o uso de combustíveis alternativos.

É feito um estudo das principais características técnicas quando se efetua a conversão em um motor, com a apresentação de um Kit apropriado, que é adaptado ao motor para que este esteja apto a consumir combustíveis gasosos.

O teor econômico do texto está limitado à apresentação do custo do Kit e das conversões dos motores, com uma comparação superficial das vantagens econômicas da substituição dos combustíveis.

No aspecto da emissão de poluentes, são mostrados números comparativos referentes à emissão dos motores quando do uso dos diferentes combustíveis.

Os dados utilizados neste capítulo foram obtidos, em sua maioria, durante a pesquisa de campo, no qual foram entrevistados vários profissionais da PETROBRÁS e oficinas convertedoras de motores.

## **4.2. Utilização de gás metano em veículos**

O gás metano, principal componente do gás natural, mas que pode ser obtido também a partir de processos de digestão anaeróbia ou biodigestão de biomassas, lixos urbanos, resíduos agrícolas ou industriais, pode perfeitamente ser usado em motores de combustão interna. Substitui, com vantagens, os combustíveis tradicionais derivados de petróleo, trazendo benefícios ao país. Além disso, proporciona um impacto ambiental relativamente menor, em decorrência da menor emissão de alguns poluentes quando queimado.

## **4.3. Aspectos técnicos da conversão de motores para uso de gás metano**

O funcionamento dos motores utilizados em veículos, seja de carga ou de passageiros, deve respeitar alguns princípios básicos. Atualmente os motores mais utilizados nestes meios de transporte são os motores de ignição por centelha, que perfazem o ciclo Otto e os motores de ignição por compressão, que perfazem o ciclo Diesel.

Os motores de ciclo Otto normalmente utilizam combustíveis líquidos. No Brasil estes combustíveis são o álcool hidratado e o gasool, que é uma mistura de 78% de gasolina e 22% de álcool anidro. Estes motores necessitam de ignição através de centelha, pois o combustível é atomizado nas câmaras de combustão.

No caso dos motores que descrevem um ciclo Diesel, normalmente o combustível utilizado é o óleo diesel, que, através de uma bomba injetora é atomizado nas câmaras de

combustão e sua ignição se dá através da compressão desta mistura (óleo diesel + ar) pelos cilindros.

No caso do uso de um combustível gasoso nestes motores, algumas considerações devem ser tecidas. Nos motores de ignição por compressão não é possível a utilização destes combustíveis, pois o sistema de ignição para o combustível gasoso é incompatível.

Existe a necessidade de uma intervenção no motor conhecida como *ottolização*, sendo necessárias modificações no conjunto de força, para adequar as câmaras de combustão e reduzir a taxa de compressão (alta neste tipo de motor). A substituição do sistema de injeção (óleo diesel) por um sistema de ignição com regulador de rotação também se faz necessária.

Em contrapartida, o uso de combustíveis gasosos em motores de ignição por centelha é perfeitamente factível. Para isso, basta a instalação de um Kit para o uso do gás e algumas regulagens no motor, para que o combustível gasoso possa ser utilizado sem problemas. Estes motores, ainda carburados, são conhecidos como motores de primeira geração para uso de gás metano.

Com o recente uso da eletrônica embarcada e o grande avanço tecnológico, os motores passaram a utilizar sistemas de injeção eletrônica de combustível, providos de sonda lambda. Esses sistemas fazem com que a mistura ar/combustível seja dosada de acordo com as necessidades do motor, fazendo com que haja uma economia de combustível e uma condição de queima ótima, melhorando o desempenho dos motores. Atualmente, existem veículos de fábrica equipados com motores a gás metano. Estes motores são os de segunda e terceira gerações, equipados com dispositivos de injeção eletrônica de gás. A vantagem da injeção eletrônica de gás é que ela evita a queda de potência do motor. O

problema da queda de potência, no entanto, existe nos veículos carburados e não pode ser solucionado de maneira eficaz por causa da ineficiência do carburador.

O combustível gasoso possui algumas vantagens e algumas desvantagens em relação ao combustível líquido. Para analisar estes aspectos, são examinadas a seguir algumas características como a mistura e distribuição do combustível, o comportamento do sistema de admissão da câmara de combustão, o sistema de ignição, o amaciamento do motor, a potência fornecida, a lubrificação e o desgaste, a octanagem do combustível e o desgaste das válvulas, conforme estudo realizado por Barreto (1989).

#### A - Mistura e Distribuição do Combustível

A mistura entre o gás metano e o ar ocorre de forma natural, sem necessidade de se provocar turbulência ou pré-aquecimento de ambos. Isso propicia partidas mais fáceis, funcionamento a frio de forma satisfatória e queimas mais completas se comparadas aos combustíveis líquidos, que necessitam de ar pré aquecido para melhor eficiência da mistura.

#### B - Resfriamento do Sistema de Admissão da Câmara de Combustão

Nos motores alimentados com gás metano ocorre um aumento da temperatura na câmara de combustão. Isso se deve ao fato do calor gerado não ser usado na vaporização do combustível, pois este já se encontra na forma gasosa, ao contrário do que acontece com combustíveis líquidos. Desta maneira, o sistema de refrigeração deverá estar funcionando de forma perfeita, para poder dissipar este calor.

#### C - Sistema de Ignição

A mistura ar/gás requer uma maior voltagem do sistema de ignição para poder proporcionar uma combustão mais eficiente, em virtude da ionização causada na câmara

pela mistura. Os sistemas de ignição atualmente usados nos motores de ignição por centelha estão aptos a desempenhar esta função.

#### D - Amaciamento do Motor

O amaciamento do motor alimentado a gás metano fica prejudicado, devido a uma menor formação e depósito de carbono nas câmaras de combustão, uma vez que o gás propicia uma queima mais completa. Conseqüentemente, a lubrificação do conjunto camisa (cilindros)/pistões/anéis ocorre de forma ineficiente. Apesar de já existirem lubrificantes para motores a gás disponíveis no mercado, durante a fase de amaciamento do motor é recomendado o uso do combustível líquido.

#### E - Potência Fornecida

O uso do gás metano em motores carburados acarreta uma perda de potência da ordem de 10% a 20%. Isso é explicado em razão da quantidade de gás metano necessária à combustão, que ocupa um volume maior do que o volume ocupado por um combustível no estado líquido (vaporizado), fazendo com que a quantidade de ar admitido seja menor.

Através de um resfriamento da mistura, sem afetar a homogeneidade da mesma, pode-se compensar parcialmente esta perda. Um outro recurso que pode resolver este problema é o uso de turbocompressores.

#### F - Lubrificação e Desgaste

Devido à pouca ou até mesmo ausência de formação e depósitos de carbono nas câmaras de combustão, o motor alimentado a gás metano apresenta um desgaste menor.

Este fenômeno, conforme foi dito, é prejudicial na fase de amaciamento do motor.

Após essa fase, passa a ser uma vantagem, pois as câmaras permanecem mais limpas, evitando o desgaste prematuro do motor. Isso acontece porque o óleo lubrificante se

mantém livre de impurezas. Assim, não ocorre a diluição ou remoção da película lubrificante, como ocorre no caso da contaminação pelos combustíveis líquidos. Em contrapartida, ocorre uma tendência ao aumento da viscosidade do óleo, em consequência de sua oxidação.

Atualmente, as grandes empresas distribuidoras de combustíveis já possuem óleos específicos para motores a gás.

#### G - Octanagem

O gás metano possui um índice de octana bem maior que a maioria dos combustíveis líquidos, proporcionando-lhe excelente propriedade anti-detonante. Por essa razão, pode-se proceder ao avanço da ignição do motor, sem contudo, ocasionar problemas de detonação, melhorando sua condição de serviço.

#### H - Desgaste das (Sedes) Válvulas

O chumbo tetraetila, quando adicionado à gasolina, exercia dois papéis: o de elevar a octanagem da gasolina e o de lubrificar as válvulas e sedes, protegendo-as da erosão.

O gás metano não possui aditivação, e, por essa razão, causa um desgaste maior nas válvulas e suas sedes. Este problema pode ser contornado através da substituição das sedes por outras de material mais resistente. Sua octanagem não é problema, pois como já foi comentado, é maior que a dos combustíveis líquidos.

A tabela 4.1 resume os principais pontos considerados anteriormente.

**Tabela 4.1** - Principais diferenças entre combustíveis gasosos e líquidos quando usados em um motor de ignição por centelha (carburado).

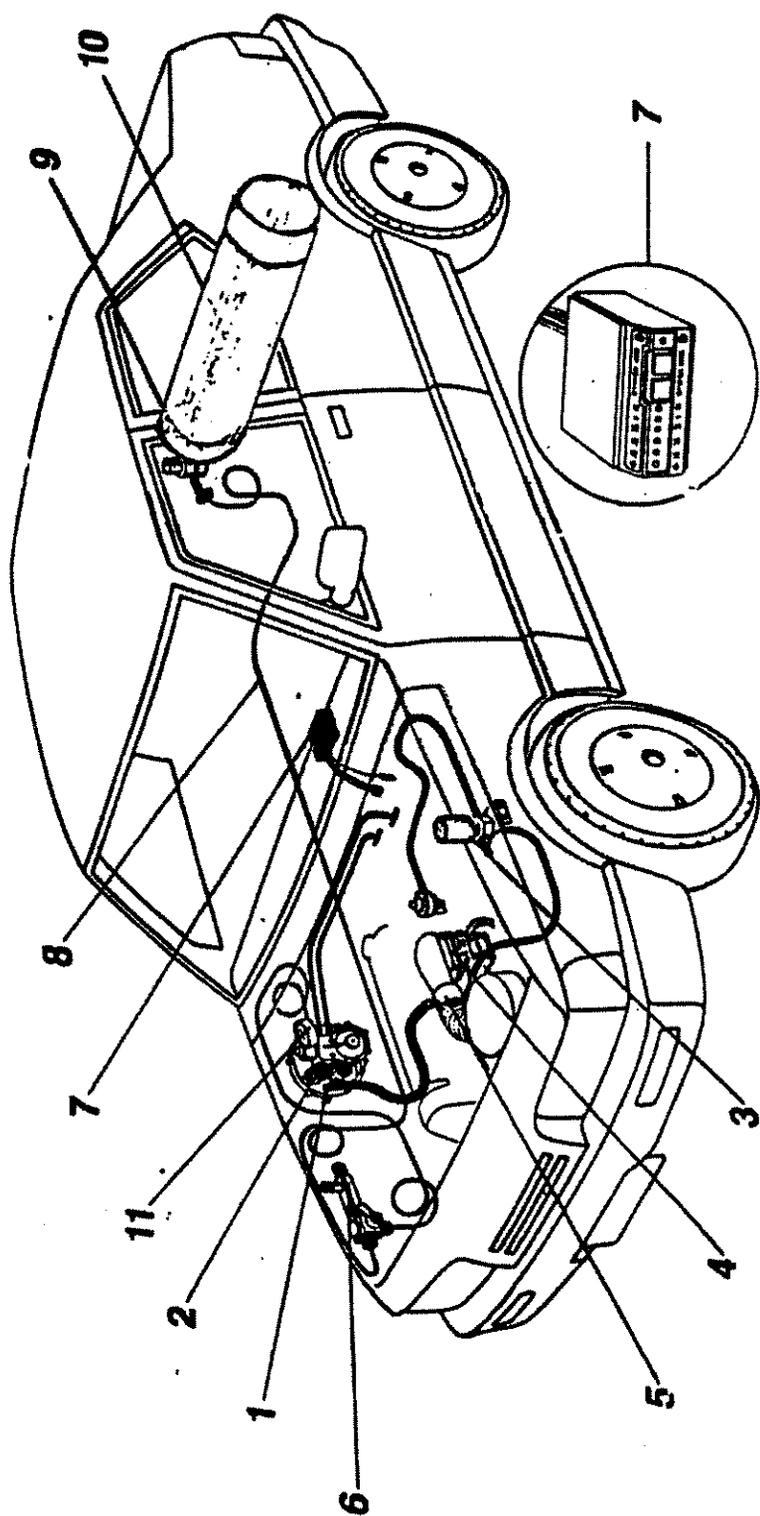
Característica	+ maior, melhor      - menor, pior      = mesma coisa	
	Combustível gasoso	Combustível líquido
A - Mistura e distribuição do combustível	+	-
B - Resfriamento do sistema de admissão da câmara de combustão	-	+
C - Sistema de ignição	=	=
D - Amaciamento do motor	-	+
E - Potência fornecida (motores de primeira geração)	-	+
F - Lubrificação	+	-
G - Octanagem	+	-
H - Desgaste das válvulas e sedes	+	-
I - Desgaste do motor	-	+

Fonte: Elaboração própria a partir de “Utilização de gás natural comprimido em motores de ciclo Otto”, Barreto, 1989.

#### 4.3.1. O Kit para conversão e seu funcionamento (motores carburados)

Para que um motor de ignição por centelha, que consome combustíveis líquidos, passe a consumir combustíveis gasosos, é necessária a adaptação de um *kit de gás*, sem necessidade de maiores modificações no motor. A disposição deste Kit no veículo varia de acordo com as exigências do usuário, ou conforme o tipo de veículo (carga, passageiros ou passeio).

A disposição dos componentes está configurada de acordo com a figura 4.1.



### Componentes do Sistema de Conversão para G.N.V.

- |   |   |
|---|---|
| <b>01 - Redutor de três estágios</b>            | <b>07 - Unidade Eletr. de Controle Chave comutadora GNV/álcool - gasolina</b> |
| <b>02 - Válvula solenoide de corte de GNV</b>   | <b>08 - Tubulação de alta pressão</b>   |
| <b>03 - Válvula solenoide de corte de comb.</b> | <b>09 - Válvula do cilindro</b>   |
| <b>04 - Carburador</b>                          | <b>10 - Cilindro de GNV</b>   |
| <b>05 - Misturador ar/gás</b>                   | <b>11 - Manômetro de Controle de Pressão</b>                                  |
| <b>06 - Válvula de Abastecimento de GNV</b>     |   |

Fonte: SILEX CONVERGAS 1997

Figura 4.1 - Componentes do Sistema de Conversão para GNV

O funcionamento dos componentes segue uma seqüência lógica. O gás metano é abastecido através da *válvula de abastecimento*, que é uma multi-válvula composta por dispositivos de abastecimento, fechamento rápido e retenção do gás armazenado nos cilindros, possuindo um pino trava e uma válvula de esfera. Estando o pino trava armado e a válvula de esfera aberta, o gás dirige-se simultaneamente para os cilindros e para o redutor de gás, caso contrário, o gás é encaminhado somente para os cilindros

Na porção superior de cada cilindro existe uma *válvula de excesso de fluxo e de carga*, que se constitui numa só peça forjada e tem como função a proteção do sistema. A válvula de excesso de carga permite o escape de gás dos cilindros para a atmosfera, caso a pressão interna ultrapasse  $255 \pm 15$  bar (no caso de um incêndio por exemplo). A válvula de excesso de fluxo interrompe totalmente o fluxo de gás para o redutor, caso ocorra ruptura de algum trecho da *tubulação de alta pressão*.

Quando o veículo está sendo abastecido, se a pressão interna do cilindro (controlada pela válvula de carga) igualar-se à pressão interna do dispenser (dispositivo de abastecimento dos postos) o fluxo de gás é interrompido.

A *tubulação de alta pressão* tem como função o transporte do gás dos cilindros para o redutor e sua pressão de trabalho é da ordem de 200 a 220 bar. São construídos a partir de tubos de aço inoxidável ou aço carbono com tratamento superficial, trefilados sem costura.

Os *cilindros de armazenamento* têm como função a armazenagem do gás. São construídos a partir de tubos de aço sem costura ou por embutimento em chapa plana e o material a partir do qual são construídos normalmente é o aço em médio manganês (SAE 1541) ou o aço ao cromo molibdênio (SAE 4130). Apresentam pressão de trabalho da ordem de 200 bar a 220 bar e pressão hidrostática em torno de 400 bar. Para suportar estas

pressões, suas paredes possuem espessura que varia entre 8 mm e 9,27 mm, dependendo da norma de fabricação utilizada (Barreto, 1989). No Brasil, a norma empregada na construção de cilindros é a NBR 12.790. Os cilindros mais empregados para uso em veículos possuem volume hidráulico de 30, 40, 50, 67, 80 e 100 litros. A tabela 4.2 apresenta os dados construtivos dos cilindros que normalmente são utilizados em veículos.

**Tabela 4.2** - Características dos cilindros de gás para veículos

Volume hidráulico (litros)	Volume de gás (litros)	Norma EB 926			Norma EB 926A		
		e (mm)	L (mm)	P (Kg)	e (mm)	L (mm)	P (Kg)
30	7,1	9,27	720	56	8	740	55
40	9,5	9,27	915	68	8	935	68
50	11,9	9,27	1.110	80	8	1.130	79
67	16,0	9,27	1.465	99	8	1.465	84
80	19,0	9,27	1.710	115	8	1.710	98
100	23,8	9,27	2.170	143	8	2.170	125

Fonte: Extraído de: "Utilização de gás natural comprimido em motores de ciclo Otto" Barreto (1989).  
e: espessura das paredes do cilindro (mm), L: comprimento do cilindro (mm), P: peso do cilindro vazio (Kg), volume de gás = volume hidráulico/4,2

O gás é transportado dos cilindros, através da tubulação de alta pressão, até o *reductor de pressão*, cuja função é reduzir a pressão do gás contido nos cilindros até a pressão de uso no motor. É dotado de dispositivos de segurança e de fechamento elétrico ou a vácuo e trabalha em três estágios (segundo dados da convertidora *Silex Convergás* para reductor marca *Landi-Renzo*):

1º estágio: reduz a pressão do gás de 200/220 bar para 2,2 bar

2º estágio: reduz a pressão do gás de 2,2 bar para 1,2 bar

3º estágio: reduz a pressão do gás de 1,2 bar para pressão atmosférica

A partir disso, o motor passa a consumir o gás metano ou o combustível original, dependendo da vontade do usuário. Ao fazer sua escolha, o usuário aciona a *chave comutadora de combustível* que controla a mudança de um combustível para outro dentro do veículo, comandando eletricamente as *eletro-válvulas de corte ou alimentação de combustível (gás/líquido)*, que comandam a passagem de combustível (líquido ou gasoso) para o motor

No caso de combustível líquido, as eletro-válvulas são providas de dispositivo de abertura manual, para o caso de pane no sistema elétrico do kit. Este processo atualmente pode ser feito com o veículo em movimento.

Pressionando-se o botão contra a chave comutadora, aciona-se o afogador.

Outro equipamento que faz parte do kit é o *injetor/dosador/misturador de gás*, que estabelece a relação ar/combustível ideal através do controle da quantidade de gás para o motor. Finalmente, existe um equipamento opcional, chamado *Avanço Eletrônico de Centelha*, cuja função é processar informações provenientes da unidade de comando da ignição eletrônica, adequando o ponto de ignição em função da rotação, compensando as perdas (principalmente de potência) decorrentes da diferença de velocidade de propagação da chama entre os dois combustíveis.

Os componentes do Kit de conversão e suas funções são apresentados resumidamente na tabela 4.3.

**Tabela 4.3** - Componentes do Kit de conversão e suas funções

<b>Componente</b>	<b>Função</b>
Válvula de abastecimento	permite o abastecimento e a retenção do gás nos cilindros
Válvula de excesso de fluxo	interrompe fluxo de gás em caso de despressurização do sistema
Válvula de excesso de carga	permite escape de gás dos cilindros se a pressão aumentar muito nos mesmos
Tubulação de alta pressão	transporte de gás dos cilindros para o motor
Cilindros de armazenamento	armazenagem de gás
Redutor de pressão	reduz a pressão do gás para uso no motor
Chave comutadora de combustível	controla a mudança de um combustível para outro
Eletro-válvula de corte de combustível	comanda a passagem do gás para o motor
Eletroválv. de alimentação de comb.	comanda a passagem do gás para o motor
Injetor/dosador/misturador de gás	otimização da mistura ar/combustível
Avanço eletrônico de centelha	adequar ignição compensando perdas

Fonte: Elaboração própria a partir de “Utilização de gás natural comprimido em motores de ciclo Otto”, Barreto, 1989.

#### **4.4. Veículos movidos a gás metano**

Quando se decide pela utilização de combustíveis não convencionais, algumas condições básicas devem ser respeitadas. O grau de desenvolvimento tecnológico é uma delas.

No caso do gás metano, é necessário que exista um grau tecnológico que permita, por um lado, a exploração do recurso e, por outro, sua utilização no processo produtivo. No que concerne à exploração do gás natural, o Brasil não encontra maiores problemas.

Também se encontra em uma posição confortável quanto ao desenvolvimento tecnológico dos Kits para conversão de motores, estando no mesmo nível de países mais desenvolvidos que usam o gás natural de forma intensa em automóveis e ônibus.

A utilização de dois ou mais combustíveis diferentes cria uma situação de concorrência entre eles, de modo que as eficiências envolvidas passam a se constituir num

importante fator a ser considerado na determinação das quantidades de energia útil envolvidas. Assim, há a necessidade do desenvolvimento de cálculos que comprovem os diferentes níveis de eficiência dos veículos com os combustíveis considerados.

Na tabela 4.4 é feita uma análise comparativa de um automóvel Kadett 1.8 com injeção eletrônica de combustível, funcionando em sistema bicomcombustível (álcool e gás) e de outro automóvel idêntico utilizando um sistema bicomcombustível (gasolina e gás), baseada em testes realizados pela revista Quatro Rodas e General Motors do Brasil.

**Tabela 4.4** - Comparação do uso de diferentes combustíveis num automóvel Kadett 1.8 EFI/MPGI

	GNV	Álcool	Gasolina *
Volume do Tanque	17,5 m <sup>3</sup>	60 litros	60 litros
Consumo Urbano	14,2 km/m <sup>3</sup>	7,7 km/l	10,0 km/l
Consumo na Estrada	17,9 km/m <sup>3</sup>	9,9 km/l	12,5 km/l
Autonomia (urbano)	248,5 km	462 km	600 km
Torque (kgfm)	17,1	18	17,8
Potência (CV)	110	116	114
Preço do combustível	R\$ 0,38/m <sup>3</sup>	R\$ 0,64/l	R\$ 0,81/l
Custo (R\$/km)	0,027	0,084	0,081
Nível de emissões (%)			
CO	81,5	100,0	---
CO <sub>2</sub>	82,0	91,0	100,0
HC	68,2	100,0	---
NO <sub>x</sub>	138,4	100,0	---

Fonte: Elaborado a partir de dados da GM do Brasil e revista Quatro Rodas (04/96)

\* Deve-se entender por gasolina a mistura de 22% de álcool e 78% de gasolina, chamada gasool.

Os dados comparativos entre combustíveis são mais bem apurados quando se compara o álcool ao gás natural, pois este último possui um alto poder anti-detonante e apresenta melhores características de combustão em motores com alta taxa de compressão, como no caso do motor a álcool.

#### 4.4.1. Análise do ponto de vista da emissão de poluentes

Analisando os dados da tabela 4.4 é possível concluir que os motores alimentados a gás natural possuem o inconveniente da emissão de altas taxas de NO<sub>x</sub>, cerca de 38,4% a mais que a emissão registrada para o motor a álcool. Em relação aos outros poluentes, o uso do gás natural nos motores se mostrou mais vantajoso.

Segundo dados da General Motors do Brasil, os motores a gás são responsáveis por cerca de 80% das emissões totais de hidrocarbonetos (na forma de metano). Em testes realizados com o automóvel Ômega, notou-se um aumento de cerca de 84,6% nas emissões de HC. Isso aconteceu devido à baixa eficiência dos catalizadores (projetados para álcool e gasolina) quando submetidos ao uso do gás metano. Segundo testes realizados pela General Motors do Brasil, o motor a gás natural emite uma quantidade alta de hidrocarbonetos na forma de metano. Segundo a empresa, o metano possui baixa reatividade e sua importância como poluente é relativamente baixa, o que já motivou, nos Estados Unidos, a sua exclusão das medições de HC. Desta forma, a EPA exige para os veículos a gás os mesmos limites válidos para os combustíveis líquidos, exceto no caso do HC onde se especifica apenas o limite para os hidrocarbonetos excluído o metano - NMHC.

No Brasil, o PROCONVE estabelece os níveis de emissões de poluentes em veículos (figura 4.2). O programa, corretamente, não adota os mesmos critérios da EPA em relação à emissão de hidrocarbonetos para o motor a gás natural, o que pode, no caso de medições, mostrar um alto índice de emissões de HC nestes motores. Os hidrocarbonetos na forma de metano são poluentes e devem ser considerados no balanço das emissões.

SILEX



CONVERGÁS

# REGULAMENTAÇÃO DE EMISSÕES NO BRASIL - PROCONVE

Automóveis e comerciais leves movidos a álcool ou gasolina

<b>FASE I</b>
Marcha lenta: 3 % de CO
CO : 24 g/km
HC : 2.1 g/km
NOx : 2.0 g/km

<b>FASE II (EUA 77)</b>
Marcha lenta: 2.5 % de CO
CO : 12 g/km
HC : 1.2 g/km
NOx : 1.4 g/km
Aldeídos: 0.15 g/km
Evaporat.: 6 g/teste

<b>FASE III (EUA 83)</b>
Marcha lenta: 0.5 % de CO
CO : 2 g/km
HC : 0.3 g/km
NOx : 0.6 g/km
Aldeídos: 0.03 g/km
Evaporat.: 6 g/teste

ANO	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

80.000 km ou 5 anos de garantia dos componentes para controle de emissões

Controle de aldeídos e emissão evaporativa 100 % da produção

50 % da produção

Fonte: Silex Convergás, 1997

Figura 4.2 - Limites de emissões de poluentes estabelecidos pelo PROCONVE no Brasil.

A emissão de gases poluentes pelos veículos automotores é um problema cuja dimensão vem aumentando nos últimos anos, em virtude destes gases serem os principais causadores da poluição do ar em grandes centros urbanos, superando inclusive as emissões provocadas por atividades industriais. Nos veículos movidos à gasolina ou álcool, por exemplo, essas emissões podem ser de dois tipos: as resultantes da queima de combustíveis nos motores, caracterizando as chamadas *emissões de escape* e as resultantes de um processo de evaporação de hidrocarbonetos, que ocorre no tanque de combustível, cárter do motor e carburador (nos carros mais antigos) que são as chamadas *emissões evaporativas*.

De uma maneira geral, as emissões de poluentes em motores de combustão estão relacionadas ao tipo e composição do combustível utilizado. Não se deve esquecer, porém, dos outros fatores que também determinam o tipo e quantidade de poluentes nos gases de escape de um motor de combustão interna, e que, de acordo com Lora (1996), são:

- relação ar/combustível
- sincronização da faísca
- geometria da câmara de combustão
- velocidade de trabalho do motor

Desta maneira, os principais gases poluentes expelidos pelos motores de combustão interna são (CETESB, 1992): monóxido de carbono - CO, oxidantes fotoquímicos - principalmente o O<sub>3</sub>, óxidos de enxofre - SO<sub>x</sub>, óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>, hidrocarbonetos - HC, materiais particulados e os aldeídos.

O *monóxido de carbono (CO)* é produzido quando o combustível não encontra parcela adequada de oxigênio dentro da câmara de combustão, ou seja, quando ocorre um desequilíbrio da mistura (normalmente mistura rica). Sua formação é favorecida por altas

temperaturas. Durante a fase de seu aquecimento, a maioria dos motores requer uma mistura rica, aumentando as emissões de CO. Com o decréscimo da relação ar/combustível, há um incremento nas emissões de CO, o que leva a concluir que na desaceleração do motor ocorre um aumento considerável na emissão deste poluente. É o que ocorre, por exemplo, em áreas de trânsito congestionado, principalmente nos grandes centros urbanos. Os impactos do monóxido de carbono podem ser sentidos a nível local e global.

Os *óxidos de enxofre (SOx)* são produzidos através de emissões em motores alimentados a óleo diesel, em virtude do alto teor de enxofre encontrado neste combustível, no Brasil. Seus impactos se dão a nível local e regional. O grande problema deste poluente é que quando entra em contato com a água se transforma em ácido sulfúrico (grande responsável pela chuva ácida).

Os *óxidos de nitrogênio (NOx)* são produzidos através da reação do nitrogênio com o oxigênio a altas pressões e temperaturas. Dois compostos são os mais encontrados: o NO e o NO<sub>2</sub>. O NO é formado durante a propagação da chama na câmara de combustão através da reação química entre o oxigênio e o nitrogênio, sendo expelido na abertura das válvulas dos cilindros. Em contato com a atmosfera, que se constitui um meio oxidante, o NO reage formando o NO<sub>2</sub>, que em contato com a água se transforma em HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico).

O NO<sub>2</sub> formado desencadeia uma série de reações complexas na atmosfera, causando o smog fotoquímico. Seus impactos se dão a nível local e regional.

Os *hidrocarbonetos (HC)* são gerados a partir de combustíveis não queimados nos motores, ou seja, misturas ricas ou muito pobres. São, portanto, provenientes de emissões de escape e emissões evaporativas. A regulagem do motor passa a ser, então, condição

importante para o controle da emissão de hidrocarbonetos. Seus impactos se dão a nível local e regional.

*Material particulado (MP)* é o nome que se dá a uma grande classe de poluentes constituída de poeiras, fuligem, fumaça e todo o tipo de material sólido ou líquido que, devido ao seu pequeno tamanho, mantêm-se suspensos na atmosfera. É produzido principalmente pelos motores que consomem óleo diesel e se encontram desregulados, emitindo as chamadas fumaças pretas. A qualidade do combustível também influencia na presença de material particulado nas emissões. Seus impactos podem ser sentidos a nível local.

Os *aldeídos* são originados a partir de restos de combustíveis parcialmente oxidados, normalmente em motores de ciclo Otto alimentados a álcool. Os dois principais tipos de aldeídos provenientes de combustíveis líquidos são o formaldeído e o acetaldeído. Seus impactos são sentidos a nível local e regional.

Os *oxidantes fotoquímicos* são gases agressivos formados através de reações entre os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na atmosfera. O mais importante dentre eles é o *ozônio (O<sub>3</sub>)*. Os gases de escape, principalmente os HC e NO<sub>x</sub>, sob a influência da luz do sol, formam oxidantes, dentre eles o ozônio.

Os veículos equipados com motores de ignição por compressão, ou seja, que consomem óleo diesel, são os maiores responsáveis pelas emissões de SO<sub>x</sub> e material particulado. Por sua vez, os veículos equipados com motores de ignição por centelha, que consomem gasolina, álcool ou a mistura de ambos, são os maiores responsáveis pelas emissões de CO, HC e NO<sub>x</sub> e aldeídos. A tabela 4.5 mostra as emissões dos combustíveis considerados, quando usados nos veículos nacionais.

**Tabela 4.5** - Emissões médias de poluentes nos veículos nacionais (gramas/km/veículo)

<b>Emissões</b>	<b>Gás Natural</b>	<b>Álcool</b>	<b>Gasolina *<sup>1</sup></b>	<b>Óleo Diesel *<sup>2</sup></b>
CO	12	16	22	17,8
HC	2,8	1,6	2	2,9
NOx	20,7	1,8	1	13
Partículas	0	0	0,2	0,81
SOx	0	0	0,16	5,95

Fonte: Elaboração a partir de dados obtidos nos trabalhos de: D'Avignon, 1994; Bajay & Berni, 1994; Almeida, 1991.

\*<sup>1</sup> mistura de 78% de gasolina e 22% de álcool anidro

\*<sup>2</sup> quando usado em ônibus

Considerando que o motor movido a gás metano praticamente não emite óxidos de enxofre e material particulado, uma complementação com gás nos ônibus que usam óleo diesel seria extremamente vantajosa do ponto de vista ambiental. Comparando-se o motor a gasolina com o motor alimentado por gás metano, este último possui a desvantagem de emitir uma maior quantidade de NOx. Por outro lado, emite menores quantidades de CO.

O mesmo raciocínio vale na comparação entre o motor a gás e a álcool. O motor a gás emite mais NOx e menos CO. Vale ressaltar que as emissões de hidrocarbonetos nos motores a gás são superiores às verificadas nos motores a gasolina e a álcool, pois o metano não queimado é contabilizado como hidrocarboneto.

#### **4.4.2. Complementação do uso da gasolina ou álcool pelo gás metano: análise do ponto de vista técnico e econômico**

Do ponto de vista econômico, a substituição do álcool ou da gasolina pelo gás metano, comercialmente conhecido como GNV, é extremamente viável, conforme mostram os dados da tabela 4.6

**Tabela 4.6** - Custo de cada combustível quando utilizado num automóvel Kadett MPI/MPGI 1.8

	Alcool	Gasolina	Gás Metano
Custo do km rodado (R\$/km)	0,084	0,081	0,027
Custo anual (R\$)	1.680	1.620	540
Investimento (R\$)	0	0	2.000
Retorno do investimento (anos)	0	0	2

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da GM do Brasil, 1997 e revista Quatro Rodas (06/96).

Obs: Situação onde o automóvel sofreu conversão do seu motor, com investimento na compra e instalação do Kit de conversão de R\$ 2.000,00 e considerando que desenvolva um percurso urbano aproximado de 20.000 km/ano.

Tecnicamente, muitos usuários reclamam da perda de potência do motor a gás, principalmente em lugares com subidas acentuadas. Uma das explicações para o fato é que na combustão do gás metano e do álcool (ou gasolina) existe uma diferença de pontos de ignição entre ambos.

O gás queima antes do que o álcool, mas o motor deve funcionar com ambos. Não se poderia regular o momento da combustão para o gás, pois quando o motor operasse com álcool, a explosão ocorreria antes das câmaras estarem bem comprimidas. Isso prejudicaria o funcionamento do motor.

O problema ocorre nos veículos convertidos que utilizam carburadores, uma vez que o carburador apresenta o inconveniente de não dosar uma mistura ótima entre ar/combustível e se desregular com certa facilidade. Nos atuais motores com injeção eletrônica de combustíveis, o problema da perda de potência praticamente não ocorre, em razão da otimização da mistura ar/combustível, aproximando-a da estequiométrica.

Um outro fator que tem influência na perda de potência do motor é a relação peso/potência, cuja variação altera as condições de desempenho e autonomia do motor.

Normalmente são usados nos automóveis um cilindro de volume hidráulico igual a 67 litros e 9,27 mm de espessura. Este cilindro pesa cerca de 99 Kg (vazio). Este peso extra influencia diretamente o desempenho do motor do veículo, alterando a relação peso/potência.

**Analisando-se a relação custo-benefício é possível concluir que mesmo com uma perda de potência dos veículos (convertidos) movidos a gás metano, da ordem de 10 a 20%, ainda assim é viável o uso de gás nos motores em complemento ao álcool e a gasolina. Aliando vantagens econômicas e ambientais, os veículos movidos a gás metano podem ser considerados uma opção interessante, principalmente nos grandes centros urbanos, onde cada vez mais a emissão de poluentes se torna um problema de grandes proporções e há aumento constante do número de veículos consumindo derivados de petróleo.**

#### **4.4.3. Complementação do uso do óleo diesel pelo gás metano em ônibus urbanos**

A complementação do uso do óleo diesel pelo gás metano nos ônibus urbanos vem ocorrendo de forma lenta. O empresariado ligado ao setor de transporte coletivo urbano alega que o uso do gás metano na frota atual de ônibus urbano é pouco viável.

Justificam este ponto de vista através de uma análise superficial, considerando apenas uma relação custo/benefício imediata.

A maioria dos ônibus em uso no Brasil hoje possui motor OM 352 a diesel. Sabe-se que o rendimento desse motor é de aproximadamente 2,50 km/litro de óleo diesel (Barreto, 1989). Levando-se em conta que o motor M 366LAG possui rendimento aproximado de

2,60 km/m<sup>3</sup> de gás e que a diferença de preço entre os dois combustíveis é muito pequena, é fácil perceber a inviabilidade do uso do gás metano.

Na visão dos empresários do setor, portanto, não há razão que justifique submeter a frota atual a uma substituição de combustíveis uma vez que teriam que arcar com os investimentos de todo o processo de substituição dos motores dos ônibus da frota.

Numa análise mais profunda, no entanto, a substituição do óleo diesel pelo gás metano fóssil seria extremamente vantajosa. Se os ônibus urbanos usarem gás metano ao invés de óleo diesel, poderá ocorrer uma redução nos níveis de importação do derivado, ou seja, mudanças significativas em relação ao suprimento deste combustível.

Como foi dito em capítulo anterior, e vale ressaltar, o óleo diesel apresenta problemas na estrutura de produção, enquanto o gás metano fóssil (gás natural) está numa situação mais confortável quanto ao seu suprimento (excedentes).

Por outro lado, a complementação do uso do óleo diesel pelo gás metano na frota de ônibus urbano seria fundamental para um controle mais amplo na emissão de determinados poluentes como os óxidos de enxofre e material particulado. Sob esse aspecto, o uso do gás metano nos ônibus urbanos de determinadas cidades e regiões metropolitanas pode ser entendido como uma das soluções no controle da qualidade do ar e meio ambiente.

Segundo dados obtidos por Machado (1996), os fatores de emissões de ônibus a diesel quando comparados com fatores de emissões de ônibus a gás mostram que a emissão de determinados poluentes diminuem com o uso de gás metano, mas outros tipos aumentam.

A tabela 4.7 mostra uma comparação entre as emissões em ônibus a diesel e ônibus a gás.

**Tabela 4.7** - Comparativo de emissões entre ônibus a diesel e ônibus a gás (em g/km)

<b>Poluente</b>	<b>Ônibus a gás</b>	<b>Ônibus a diesel</b>
CO	32,52	17,80
HC	6,44	2,90
NO <sub>x</sub>	20,70	13,00
SO <sub>x</sub>	0	5,95
MP	0	0,81

Fonte: Elaboração a partir de dados obtidos por Machado (1996).

Os dados contidos na tabela 4.7 mostram que o uso de gás metano como alternativa na diminuição das emissões em geral, deve ser analisado de maneira mais rigorosa. A emissões de óxidos de nitrogênio, por exemplo, aumentam com o uso de gás metano nos motores. A grande vantagem, como foi dito anteriormente, é a eliminação das emissões de SO<sub>x</sub> e materiais particulados.

Considerando a situação da cidade de São Paulo, que conta com uma frota de cerca de 11.000 ônibus a diesel, cada um destes desenvolvendo um percurso médio anual de aproximadamente 80.000 km, é possível concluir que esta frota emite uma quantidade aproximada de 52.360 t/ano de SO<sub>x</sub> e cerca de 0,065 t/ano de material particulado.

Essas quantidades de poluentes poderiam deixar de ser emitidas com o uso de gás metano nos motores.

Através de pesquisa realizada na cidade de São Paulo, junto à Secretaria de Municipal de Transportes e empresas de transporte coletivos, é possível concluir que o uso de gás metano nas frotas de ônibus urbanos da cidade deverá ser feito por obrigatoriedade da legislação em razão da preocupação com a emissão de poluentes e não por causa da consciência ecológica dos empresários do setor.

Segundo a lei 12.140/96, 5% da frota de ônibus urbanos a cada ano deverá ser convertida para o uso de gás na cidade. Esta lei não vem sendo cumprida nestes termos, devido ao alto custo da conversão e despreocupação dos empresários quanto a combustíveis e meio ambiente.

De qualquer maneira, os benefícios ambientais decorrentes da utilização de combustíveis menos poluentes é que deverão ser considerados em primeiro plano nas discussões sobre substituição ou complementação no uso de combustíveis no setor de transporte urbano no Brasil.

## **Capítulo 5**

### **Possibilidades e dificuldades para um maior uso de gás metano em veículos nos anos 90**

#### **5.1. Introdução**

Neste capítulo é feita uma análise das possibilidades e dificuldades de expansão do uso de gás metano, seja de origem fóssil ou de biomassa, em veículos. Para isso são feitas considerações de ordem técnica, estratégica, política ou econômica, levando em conta os principais fatores que determinam o sucesso de um programa de complementação ou substituição parcial de combustíveis. Os dados referentes à utilização do gás metano de biomassa foram obtidos durante a etapa da pesquisa realizada em campo e no meio acadêmico. A dissertação de mestrado do colega André Ferreira (Demanda e Conservação de Energéticos na Fase Agrícola do PROALCOOL, PSE-UNICAMP, 1990) e os anais do I Congresso Brasileiro de Planejamento Energético foram importantes fontes consultadas.

Quanto ao uso do metano de origem fóssil, a análise baseia-se em pesquisa realizada em campo através de entrevistas com empresas ligadas ao gás metano (DTCS - Utinga, REPLAN, oficinas convertedoras e usuários) e com usuários de veículos movidos a gás metano. A pesquisa realizada no meio acadêmico também foi de fundamental importância, onde foram consideradas várias revistas publicadas pela PETROBRÁS, Petro & Gás e outras. Os seguintes trabalhos acadêmicos serviram como material principal na elaboração do capítulo: dissertação de mestrado de Eliana R. da Silva (Investimento Energético em

Tempo de Crise, PSE-UNICAMP, 1996), a tese de doutorado de Manoel G. Rodrigues (Um Estudo Sobre a Expansão do Gás Natural no Brasil, PSE-UNICAMP, 1995) e a dissertação de mestrado de Helder Q. Pinto Júnior (Elementos para formação de uma política de preços para o gás natural no Brasil, COPPE-UFRJ, 1988).

## **5.2. Possibilidades de complementação do uso de óleo diesel na frota canavieira**

A matriz energética brasileira apresenta algumas incoerências. Uma delas, refere-se à produção de álcool etílico. Considerando toda a cadeia produtiva do álcool, desde a produção e transporte da matéria prima, da lavoura até a indústria, percebe-se um grande volume de óleo diesel empregado neste processo. **A obtenção de um combustível renovável (álcool), é extremamente dependente do uso de um combustível não renovável (óleo diesel).**

Uma maneira de tentar abaixar o consumo de óleo diesel no setor é promover uma complementação do uso deste combustível por gás metano obtido da biodigestão da vinhaça, que é um resíduo obtido a partir do processo de fabricação do álcool. Assim é necessário considerar alguns dados relativos ao uso do óleo diesel na lavoura canavieira e produção de gás metano a partir de vinhaça.

De acordo com Ferreira (1992), a quantidade de óleo diesel usada na lavoura canavieira paulista é da ordem de 195,3 litros/hectare, considerando o processo desde a lavoura até a cana colocada no pátio da indústria e o rendimento médio de colheita da cana é de aproximadamente 75 toneladas/hectare.

Considerando ainda, segundo dados obtidos por Cortez (et alii), a obtenção de cerca de 0,12 m<sup>3</sup> de gás metano para cada 1 kg de cana processada, é possível calcular a quantidade de óleo diesel usada na lavoura canavieira durante um ano, bem como o volume de gás metano que poderia ser obtido através do processamento de toda a cana colhida.

Assim, têm-se:

$$285.500.000 \text{ t} \div 75 \text{ t/ha} = 3.806.667 \text{ ha de cana colhida}$$

$$\begin{aligned} \text{Considerando o volume de óleo diesel usado na lavoura: } & 195,3 \text{ l/ha} \times 3.806.667 \text{ ha} = \\ & = 743.442.065 \text{ litros de óleo diesel} \end{aligned}$$

O volume obtido de gás metano a partir desta produção de cana de açúcar pode atingir os seguintes valores:  $285.500.000 \text{ t} \times 0,12 \text{ m}^3 \text{ biogás} \div 0,001 \text{ t (cana)} = 34.260 \text{ Mm}^3$  de biogás.

Purificando este biogás têm-se:  $34260 \text{ Mm}^3 \times 0,65 = 22.269 \text{ Mm}^3$  de gás metano.

O volume de gás metano que poderia ser obtido é muito maior que o volume de óleo diesel utilizado, o que leva a crer que este gás poderia ser usado como complemento do óleo diesel em todos os equipamentos que consomem este combustível e que estão listados na tabela 5.1.

**Tabela 5.1** - Participação de cada equipamento no consumo de óleo diesel na lavoura canavieira em 1992.

Equipamento	Participação (%)
Caminhões	61
Tratores	24
Colheitadeiras/Carregadeiras	14
Motores estacionários	1

Fonte: Extraído de: "Demanda e conservação de óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL" Ferreira (1992).

Um outro cálculo que pode comprovar o alto desperdício no setor, diz respeito à quantidade de óleo diesel utilizado para produção de álcool. A produção de álcool etílico no ano de 1996 alcançou a marca de 14,134 Mm<sup>3</sup>, o que mostra que foram consumidos cerca de 0,053 m<sup>3</sup> de óleo diesel para fabricar 1 m<sup>3</sup> de álcool etílico. Considerando o PCS (Poder Calorífico Superior) destes combustíveis é possível afirmar que para produzir uma quantidade de energia aproximada de 54.000.000 Kcal (1 m<sup>3</sup> de álcool) são dispendidos aproximadamente 485.427 Kcal (0,053 m<sup>3</sup> de óleo diesel), considerando somente o óleo diesel envolvido.

Este cálculo, além de considerar valores médios, não engloba o óleo diesel consumido pelos caminhões-tanque que transportam o álcool até as companhias distribuidoras ou postos de abastecimento.

### **5.3. Dificuldades para o uso do gás metano de vinhaça na frota canavieira**

As principais dificuldades para um maior uso do gás metano obtido da vinhaça na frota canavieira são:

- falta de tradição no uso do energético;
- falta de um maior aproveitamento dos resíduos agrícolas;
- pouco interesse em investimentos por parte da agroindústria brasileira (implantação e manutenção de sistemas de biodigestão);
- mudança na concepção do transporte de cana.

A falta de tradição no uso do energético é um problema facilmente contornável, através de incentivos ao uso de combustíveis alternativos.

A falta de aproveitamento ou desperdício de resíduos com características combustíveis é um problema das indústrias em geral. A situação poderia ser revertida, através da conscientização da importância da conservação de energia no setor e da necessidade de otimização do uso de resíduos.

A otimização de processos, a utilização de equipamentos mais eficientes e a conservação de energia nunca foram preocupações do setor. Ultimamente, isso tem mudado, em virtude de uma maior competição e necessidade de preços mais baixos para os produtos.

No segmento de transporte da cana, as indústrias sucroalcooleiras optaram nos últimos anos pelo uso dos *treminhões*. Esses veículos possuem uma capacidade de carga bem maior do que os caminhões comuns, facilitando o transporte de cana. Entretanto, necessitam de motores de maior potência (250 cv contra 130 cv dos caminhões comuns) e que, conseqüentemente, consomem um volume maior de combustível. Considerando os percursos desenvolvidos por estes caminhões (ida e volta), o uso de combustíveis gasosos mostrou-se inviável, pois haveria necessidade de instalação de um número elevado de cilindros de gás nesses veículos, inviabilizando o processo.

Em contrapartida, o gás metano obtido da vinhaça possui um pequeno custo de produção. Teoricamente, a vinhaça deveria sofrer um tratamento antes de ser descartada.

A produção do gás metano a partir da vinhaça promove este tratamento na vinhaça com um ganho energético, ou seja, a produção de um combustível gasoso.

Salerno et alii (1989) estabeleceram os parâmetros de custo de produção do biogás tomando como base uma planta de biodigestão de vinhaça na usina Santa Elisa, no

município de Sertãozinho - SP, que opera com aproximadamente 100% da capacidade nominal. Os dados referentes aos custos de produção podem ser vistos na tabela 5.2.

**Tabela 5.2** - Custos de produção do gás metano de vinhaça (processo BIOTIM Z)

Custos	US\$/Nm <sup>3</sup>
Custo da biodigestão	0,025
Custo do biogás	0,034
Custo da depuração e compressão	0,074
Custo total do gás metano	0,108

Fonte: Extraído de “Biodigestão anaeróbica de efluentes industriais: um caminho para solucionar o problema da poluição ambiental e auxiliar o Brasil na obtenção de fontes renováveis de energia”. Salerno et alii (1989).

A manutenção do sistema e a sazonalidade de produção do álcool são consideradas pelos empresários do setor uma externalidade negativa. Segundo estes, o sistema de biodigestão de vinhaça requer manutenção periódica. Em relação à sazonalidade de produção do álcool, o problema está na entressafra, quando os custos de produção do gás metano aumentam em razão da escassez da vinhaça. Neste período, a frota é utilizada no plantio da cana, necessitando, portanto, do combustível. Os empresários do setor se esquecem, entretanto, que os caminhões e utilitários são adaptados em sistema bicomcombustível e na entressafra poderiam consumir álcool.

No que diz respeito à oferta do biogás, os volumes produzidos podem atender ao consumo da frota canavieira durante todo o ano, a um custo menor se comparado ao óleo diesel e ao álcool. O investimento em sistemas de armazenamento de gás poderia amenizar o problema de suprimento na entressafra.

Através de uma mudança de mentalidade dos empresários do setor, a substituição dos combustíveis tradicionais, principalmente o óleo diesel, pelo gás metano de vinhaça,

poderá num futuro próximo se viabilizar, proporcionando ao país economia de divisas com a importação de combustíveis, além de um ganho ambiental expressivo, com a frota de caminhões deixando de consumir o óleo diesel.

#### **5.4. Possibilidades da expansão do uso de GNV no Brasil**

As possibilidades de expansão do uso de GNV no Brasil estão diretamente relacionadas à formação de um mercado para o gás natural. A formação deste mercado depende de vários fatores, os quais, juntos, determinam o sucesso da implantação de programas de complementação de combustíveis. Os fatores mais importantes são:

- infra-estrutura para atendimento dos usuários;
- oferta do combustível;
- preço do combustível.

Além destes fatores, a formação do *mercado consumidor*, embora de maneira não obrigatória, deve seguir uma seqüência, para que a consolidação deste mesmo mercado possa ocorrer de maneira segura e abrangente.

Segundo Poulallion (Petro & Gás, dez/91, p65), “*a seqüência de penetração do gás natural é bem conhecida e foi seguida pelos países industrializados: criação do mercado energético, depois o industrial, depois o residencial; com a construção de portos metaneiros e instalações satélites. Vem, a seguir, a consolidação do mercado com integração por gasodutos e desenvolvimentos das redes.*”

No Brasil, houve uma intensa participação do Estado na centralização de capitais e na montagem do parque de petróleo e gás. Assim, o gás natural foi sendo introduzido de acordo com a sua disponibilidade para diversos usos locais próximos às áreas produtivas e

redes de distribuição. Por essa razão, não é possível afirmar que existe um mercado nacional de gás natural, mas apenas mercados regionais dentro do país.

A razão disso é a limitação física do sistema de distribuição e produção de gás natural no Brasil. Esta argumentação é desenvolvida com mais profundidade na seqüência, quando é feito um comentário a respeito da infra-estrutura de produção e distribuição de gás natural no Brasil.

Pela mesma razão apresentada anteriormente, ainda não é factível a criação e desenvolvimento de um mercado nacional de GNV. Existem atualmente no Brasil mercados regionais isolados de GNV ainda pouco desenvolvidos. Na tentativa de desenvolvimento dos mercados regionais existentes, as autoridades governamentais ligadas ao assunto deveriam criar dispositivos que buscassem a expansão e interligação destes mercados, pois o gás natural é um combustível que se tem mostrado técnica, econômica e ambientalmente viável para a substituição do óleo diesel, gasolina e álcool. No âmbito regional, o gás natural em substituição ao óleo diesel e gasolina poderia ajudar muito no controle da emissão de poluentes. Em âmbito nacional, o gás natural usado nos veículos poderia contribuir para a diminuição das importações de alguns derivados de petróleo, tais como o óleo diesel e a gasolina, problemáticos na matriz energética brasileira, promovendo um maior equilíbrio na mesma.

A implantação e o desenvolvimento de programas de GNV no Brasil devem ser bem planejados, passando por uma fase inicial na qual seriam convertidos os veículos que têm circulação bem definida, em áreas onde o combustível esteja disponível. Tais veículos são os que prestam serviços de transporte urbano de passageiros (ônibus e táxis), de carga e interurbano de passageiros (em distâncias limitadas em regiões metropolitanas ou

aglomerados urbanos). Devem estar incluídos neste arcabouço, o Poder Público (órgãos que detêm o poder concedente e regulamentador das atividades de transporte público), produtor de gás (PETROBRÁS), empresas de distribuição de gás (estatais ou privadas), fabricantes de equipamentos e veículos, usuários (empresas de ônibus e taxistas), prestadores de serviços (oficinas de conversão/manutenção) e órgãos normalizadores (INMETRO e outros).

**O mercado de GNV no Brasil somente se viabilizará economicamente dentro de um contexto mais amplo de utilização do gás natural como insumo energético no setor industrial e residencial. Um programa isolado de GNV não viabiliza sozinho a criação de uma infra-estrutura de transporte e distribuição do gás natural. Entretanto, quando essa infra-estrutura já existe, como no caso de São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória, Fortaleza, Natal, Salvador e outras cidades brasileiras, ou está sendo projetada com base na utilização industrial de gás natural, a implantação de um programa de GNV passa a depender muito mais de uma vontade e decisão política, com a criação de incentivos e subsídios, do que de fatores econômicos ou tecnológicos, já que os motores atuais podem utilizar o gás sem problemas e algumas montadoras (GM do Brasil) já produzem em série veículos movidos a gás metano.**

#### **5.4.1. Infra-estrutura de produção e distribuição de gás natural no Brasil**

No que se refere à infra-estrutura de produção e distribuição de gás natural, de acordo com Silva (1996), algumas cidades brasileiras já possuíam redes de gás canalizado, que haviam sido construídas no século passado, para uso do gás de carvão produzido nos gasômetros. Cidades como São Paulo e Rio de Janeiro já possuíam certa infra-estrutura para o gás antes mesmo do surgimento da indústria do petróleo.

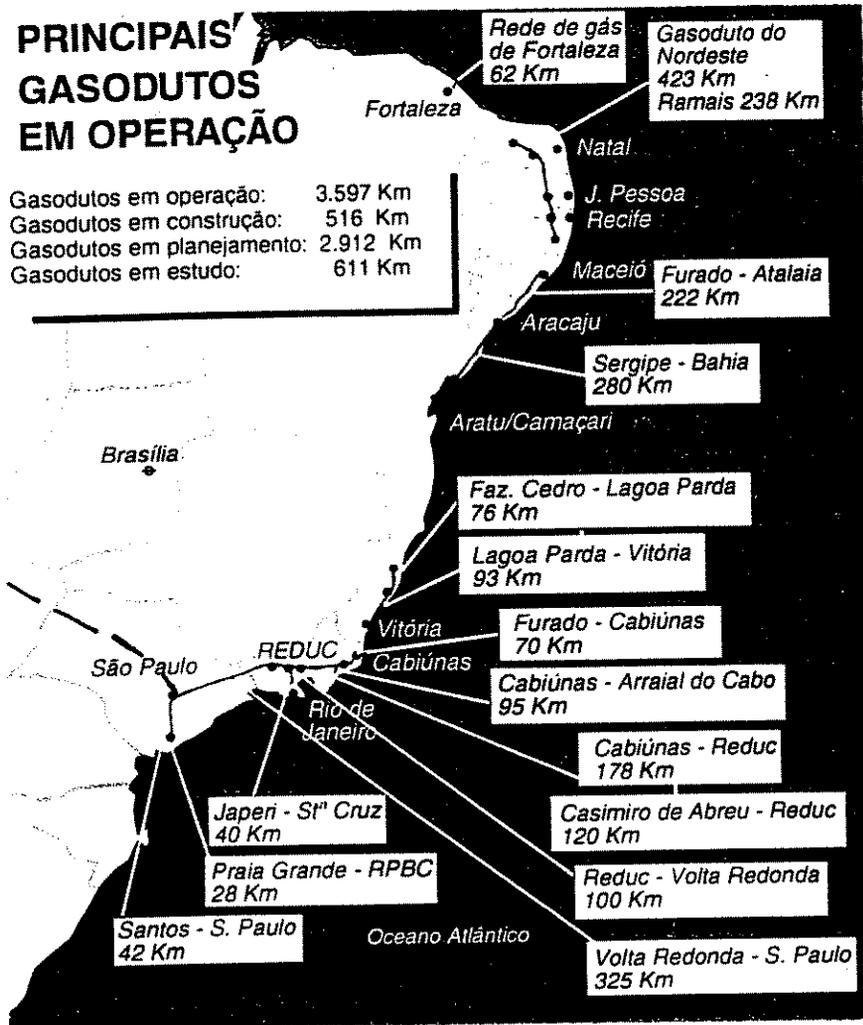
Levando em consideração a infra-estrutura disponível e a disponibilidade de gás, algumas cidades foram as primeiras a formular planos para o uso do gás natural comprimido em veículos. Um outro fator, não menos importante, refere-se à formação das companhias de gás, encarregadas da distribuição do combustível. Dentre elas, destacam-se a COMGÁS (SP) e CEG (RJ) constituindo-se nas mais fortes. Em 1987, um contrato assinado entre COMGÁS e PETROBRÁS, garantiu a distribuição de 3 milhões de m<sup>3</sup> de gás natural para São Paulo, oriundos da bacia de Campos (Silva,1996) para o suprimento de clientes industriais, comerciais e residenciais. Ainda de acordo com a autora, a partir de 1988 é que a COMGÁS iniciou o trabalho de conversão de sua rede de distribuição para adequação ao gás natural e a construção de uma estação de medição e recebimento de gás natural (City Gate) na cidade de Suzano.

Considerando esses fatores, é possível concluir que, dentre os programas de GNV em andamento no Brasil, o existente nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro são os mais fortes. **O fato de ambas possuírem sólidas companhias de gás e infra-estrutura de redes de distribuição já montadas, certamente propiciou o relativo sucesso de seus programas de GNV.**

Desta maneira, a presença de sistemas de exploração, escoamento e tratamento de gás é fator primordial para a adoção de programas de uso de combustíveis gasosos. Juntos constituem os chamados *sistemas técnicos territoriais - STT*.

Segundo Silva (1996), são considerados cinco STT: sistema Rio de Janeiro-São Paulo, sistema Alagoas-Sergipe-Bahia, sistema Nordeste, sistema Espírito Santo e sistema Ceará. Dentro dos STT, tem-se um total de sete bacias produtoras de gás natural: (b1) bacia de Campos ( a maior de todas); (b2) Recôncavo; (b3) Sergipe/Alagoas; (b4) Ceará/Potiguar; (b5) Solimões; (b6) Espírito Santo e (b7) Santos. Para ligar estas bacias produtoras aos centros de consumo, existe o sistema de escoamento de gás, constituído pelos gasodutos e

redes. A extensão dos gasodutos no Brasil ainda é pequena, o que prejudica a expansão de redes de gás, que poderiam se estender por várias regiões. A figura 5.1 mostra a malha de gasodutos existente no Brasil.



Fonte: PETROBRÁS

**Figura 5.1** - Malha de gasodutos existente no Brasil em 1996.

Na região Sudeste, que abriga as bacias de Campos e Santos e onde os programas de GNV estão mais adiantados (São Paulo e Rio de Janeiro), a malha de gasodutos e redes está mais adiantada.

O sistema de produção e escoamento de gás está configurado de acordo com as figuras 5.2 e 5.3

É possível ver nestas figuras que a região compreendida entre São Paulo e Rio de Janeiro apresenta uma boa infra-estrutura de produção/distribuição de gás natural e que poderia ser melhor aproveitada no desenvolvimento de um mercado consumidor de GNV, com a implantação de postos de revenda do combustível nas vizinhanças dos gasodutos, através da construção de redes de gás.





Ainda considerando a questão da infra-estrutura, antes de chegar ao consumidor final ou às companhias distribuidoras, o gás natural precisa passar por um tratamento, no qual se retiram as frações de GLP e C5<sup>+</sup>. Esse tratamento ocorre nas UPGNs. As UPGNs em operação no Brasil, com as respectivas capacidades de processo e produção podem ser vistas na tabela 5.3.

**Tabela 5.3 - Capacidade e produção das UPGNs brasileiras em 1996**

UPGN	Capacidade de Processo mil m <sup>3</sup> /dia	Produção Nominal mil m <sup>3</sup> /dia (comprimido)	
		GLP	C5 <sup>+</sup>
(b1) Cabiúnas (RJ)	560	179	15
UPCGN Cabiúnas (RJ)	1.500	689	295
Rio de Janeiro I	2.000	564	94
Rio de Janeiro II	2.000	576	51
REDUC III (RJ)	2.000	578	51
(b2) Catu (BA)	1.400	330	150
Candeias (BA)	2.000	490	225
(b3) Atalaia (SE)	2.000	580	280
Carmópolis (SE)	350	52	17
(b4) ASFOR (CE)	350	147	33
Guamaré (RN)	2.000	545	89
(b5) Urucu (AM)	600	157	15
(b6) Lagoa Parda (ES)	150	31	12
(b7) Cubatão (SP)	2.300	615	34

Fonte: Extraído de: "Investimento energético em tempo de crise. O projeto gasoduto termelétrica Bolívia-Mato Grosso do Sul-São Paulo, na conjuntura 1990-1996 (Silva, 1996).

Em relação à infra-estrutura, os programas de GNV estão limitados a se desenvolver nas regiões próximas aos gasodutos, redes de distribuição e UPGNs, ou seja, principalmente nas regiões litorâneas e algumas capitais brasileiras que dispõem dessa infra-estrutura.

Futuramente, com a entrada em operação do gasoduto Bolívia-Brasil, e a provável formação de um mercado para o gás natural ao longo de seu trajeto (MS, SP, PR, SC e RS), talvez possa ocorrer, principalmente no interior de São Paulo, o

desenvolvimento do uso do GNV. O eixo RJ-SP possui boa infra-estrutura, principalmente no Vale do Paraíba (trecho definido da baixada do rio Paraíba do Sul), de modo que a formação e o desenvolvimento de um mercado de GNV nessa região e em regiões vizinhas, como o eixo Rio de Janeiro-Belo Horizonte e o eixo Rio de Janeiro-Norte Fluminense-Espírito Santo, deverão ser facilitados.

#### **5.4.2. Oferta de gás natural no Brasil**

No que diz respeito à oferta do energético, as reservas nacionais provadas de gás natural saltaram dos 53 bilhões de m<sup>3</sup> em 1980 para aproximadamente 137 bilhões de m<sup>3</sup> em 1992. A extração de gás natural no Brasil em 1996 foi de aproximadamente 26 milhões de m<sup>3</sup>/dia, em média (Balanço Energético Nacional, 1997). Apesar do vasto espaço geográfico e da grande quantidade de bacias sedimentares, o gás natural possui uma participação próxima aos 2,5% na Matriz Energética Nacional (Balanço Energético Nacional, 1997). O gás natural deverá ser uma das soluções viáveis para o futuro energético do país.

*“A Comissão de Reexame da Matriz Energética Nacional executou, em abril de 1991, um planejamento indicativo para o gás natural: elevação de sua participação na matriz energética de 2% em 1990 para, no mínimo 4,5% no ano 2000 e 6% em 2010”* (Rodrigues, 1995).

Ainda de acordo com o autor, *“o relatório da Comissão do Gás Natural, publicado em março de 1992, conclui que, para o suprimento do mercado brasileiro até o ano 2000, seria necessário estabelecer uma política de investimentos para a PETROBRÁS, voltados para novas descobertas de gás, além de promover a importação desse energético para abastecer a região Sul/Sudeste do país. Por outro lado, os estudos dessa comissão concluíram que, na matriz de oferta de energia, a participação do gás natural deveria*

chegar a 9,8% no ano 2000 e a 11,9% no ano 2010, portanto, valores superiores aos recomendados no Relatório de Reexame da Matriz Energética Nacional”.

Essa comissão propôs ainda, a priorização da utilização do gás natural na substituição do óleo diesel e GLP (derivados críticos) e do óleo combustível na indústria.

No que se refere à questão da substituição de combustíveis, de uma maneira ou de outra, sempre são realizados estudos e levantamentos sobre a possibilidade de demanda potencial. Na ocasião da formulação do PLANGÁS em 1987, foi feita uma estimativa de demanda potencial de GN no Brasil. Essa estimativa pode ser vista na tabela 5.4.

**Tabela 5.4** - Demanda de GN projetada pelo PLANGÁS em 1987 considerando os anos de 1991 e 1995.

Uso	1991	1995
Consumo residencial, comercial e público (unidades)	600.000	1.500.000
Combustível veicular (m <sup>3</sup> /dia)	10.000	50.000
Geração conjunta de eletricidade e calor de processo (m <sup>3</sup> /dia)	500.000	3.900.000
Siderurgia (m <sup>3</sup> /dia)	800.000	2.000.000
Petroquímica (m <sup>3</sup> /dia)	2.900.000	3.200.000
Calor industrial (m <sup>3</sup> /dia)	13.000.000	13.000.000

Fonte: Extraído de: “Investimento energético em tempo de crise. O projeto gasoduto termelétrica Bolívia-Mato Grosso do Sul-São Paulo, na conjuntura 1990-1996 (Silva, 1996).

Em proposta formulada em 1993, considerando o período 1996/2005, técnicos do Ministério das Minas e Energia e da PETROBRÁS priorizaram o uso energético industrial para o gás natural (70 a 75% da oferta). Segundo os técnicos, 10 a 15% da oferta seriam destinados à geração elétrica e 4 a 6% (em parcelas iguais) seriam destinados à substituição do óleo diesel no transporte urbano e do GLP no setor residencial, no caso de cidades servidas pela rede de distribuição. (Rodrigues, 1995).

Atualmente, o consumo de combustíveis no setor de transportes rodoviários está configurado conforme indicado na tabela 5.5.

**Tabela 5.5** - Consumo de combustíveis pelo setor de transporte rodoviário no Brasil em 1996.

<b>Combustível</b>	<b>%</b>
Gás Natural	0,1
Óleo Diesel	50
Gasolina Automotiva	32,3
Álcool Etilico Anidro	5,4
Álcool Etilico Hidratado	12,3
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: Balanço Energético Nacional de 1997.

Considerando dados apresentados anteriormente, elevar a participação do gás natural no setor automotivo de 0,1% em 1996 para 3% em 2005 significa aumentar o consumo de gás pelos veículos em cerca de 30 vezes em 9 anos, o que parece um pouco difícil considerando o ritmo de andamento dos programas de GNV no Brasil.

Apesar de toda essa discussão em torno de números, não há no Brasil um planejamento indicativo efetivo para o uso do gás natural, nem tampouco incentivos financeiros e/ou uma legislação ambiental que efetivamente contribuam para uma maior utilização do gás natural no país. Além disso, o desperdício de gás natural praticado pela própria PETROBRÁS deveria ser levado mais a sério .

A estatal tem o dever de trabalhar na diminuição das perdas e desperdícios. Ao invés disso, defende a importação de gás natural, alegando que a produção interna será insuficiente para abastecimento do mercado brasileiro, que vem crescendo.

Segundo dados da própria PETROBRÁS (indicado na tabela 5.6, considerando o ano de 1996), cerca de 61% de todo o gás natural produzido foram colocados no mercado.

Dos 39% restantes, 18% foram reinjetados ou usados internamente, 17% foram perdidos (queima nos flares) e 4% constituíam-se em líquidos de gás natural (LGN).

**Tabela 5.6 - Aproveitamento e perdas de gás natural no Brasil (em milhões de m<sup>3</sup>)**

Ano	Produção	Consumo	Reinjetado/Armazenado	Não Utilizado
1990	6.279 (100%)	4.029 (64%)	737 (12%)	1.190 (19%)
1991	6.599 (100%)	4.065 (62%)	1.381 (21%)	1.142 (17%)
1992	6.973 (100%)	4.470 (64%)	1.582 (23%)	931 (13%)
1993	7.355 (100%)	4.728 (64%)	1.515 (21%)	1.125 (15%)
1994	7.711 (100%)	4.973 (64,5%)	1.540 (20%)	1.210 (15,5%)
1995	7.955 (100%)	5.052 (63,5%)	1.413 (18%)	1.174 (14,8%)
1996	9.214 (100%)	5.637 (61%)	1.632 (18%)	1.572 (17%)

Fonte: Extraído do “site” da PETROBRÁS acessado por Arroyo Jr, et alii 1997.

Através da análise da tabela 5.6 é possível concluir que o crescimento no consumo de gás natural não evoluiu no mesmo ritmo que a produção deste combustível.

Em contrapartida, a quantidade de gás natural desperdiçada ou perdida vem aumentando nos últimos anos. Para se ter idéia, a quantidade de gás natural desperdiçada em um ano (considerando 1996), cerca de 1,572 Mm<sup>3</sup>, seriam suficientes para o abastecimento do mercado automotivo (mantidos os níveis atuais de consumo) por cerca de 43 anos.

**Desta maneira, é evidente e absurda a quantidade de gás natural desperdiçada pela PETROBRÁS em seu processo produtivo. Mesmo considerando os cálculos realizados pela própria PETROBRÁS, que recomendou o consumo de aproximadamente 1,1 Mm<sup>3</sup>/ano a partir de 2005, as perdas e desperdícios são altos. Na hipótese de consumo deste volume de gás natural pelo setor de transporte rodoviário, ainda assim, as perdas seriam superiores ao consumo automotivo de gás natural no país.**

A situação piora quando se comparam as perdas de gás natural pela PETROBRÁS com o volume a ser importado da Bolívia. Considerando o ano de 1996, as perdas totalizaram aproximadamente 4,3 Mm<sup>3</sup>/dia enquanto o volume a ser importado da Bolívia será de 8 Mm<sup>3</sup>/dia na primeira fase do contrato. Portanto, o volume perdido/desperdiçado pela PETROBRÁS representa aproximadamente **54%** do volume a ser importado da Bolívia.

De qualquer maneira, se depender da oferta de gás natural, a implantação e o desenvolvimento de programas de GNV em várias regiões brasileiras, não devem encontrar dificuldades.

#### **5.4.3. Política de preços para o gás natural veicular - GNV**

Um outro fator a ser considerado no crescimento e consolidação de mercados (regionais) de GNV, é a política de preços praticada para o gás natural face a outros energéticos. A substituição do GLP no setor residencial por gás natural é tarefa difícil, devido aos subsídios dados para o GLP. No setor de transportes, a penetração do gás natural também pode enfrentar problemas em razão dos subsídios dados ao óleo diesel.

De acordo com Machado (1996) *“é necessário compatibilizar a demanda de gás natural para o segmento de transportes com a escassa disponibilidade do produto para comercialização em determinadas regiões, o que impõe uma abertura seletiva, racional e limitada do mercado de táxis, muito mais atrativo economicamente para todos os envolvidos do que o segmento de transporte coletivo e de carga, favorecido pelos fortes subsídios ao óleo diesel.”*

As vantagens econômicas obtidas no processo de substituição de energéticos estão diretamente ligadas ao preço do combustível e rendimentos envolvidos no processo.

O preço do combustível é um importante fator a ser considerado no processo de substituição, por ser o principal articulador entre a produção e o consumo de energia, constituindo-se, em termos reais, no fator que determina a viabilidade econômica da utilização de um novo recurso energético.

A política de preços dos energéticos assume um caráter importante no Brasil, devido à sua “... *utilização e manipulação como instrumento de política anti-inflacionária, financiadora da expansão de certos setores*” (Pinto Jr, 1989).

Além disso, o papel da política de preços é fundamental para o processo de substituição de combustíveis, atuando diretamente no direcionamento da demanda, interferindo no consumo dos energéticos. Este fator teve grande importância, por exemplo, no processo de substituição da gasolina pelo álcool na década de 80.

Em relação à estrutura de preços do gás natural para fins automotivos, é necessário que haja uma política clara e abrangente, com a avaliação das possibilidades de substituição e os impactos provocados tanto na economia como na matriz energética e no suprimento de combustíveis. A Portaria CNP-69 de 21/06/89 modificada pela Portaria no 33 do DNC de 09/12/91 estabeleceu a estrutura de preços para o gás natural veicular. De acordo com essa Portaria os preços praticados para o GNV no “dispenser” mantêm uma relação de no máximo 80% do preço praticado para o óleo diesel. Considerando somente o fator preço, de maneira isolada, a substituição do óleo diesel pelo gás natural pode ser considerada desestimulante.

Em uma análise para substituição de combustíveis, não só o preço do gás natural deve ser levado em consideração. É preciso levar em conta outros fatores como o preço do energético a ser substituído, o custo da conversão e o custo das adaptações necessárias para satisfazer a legislação ambiental (limite de emissões). Assim, pode-se dizer que o preço máximo do gás natural veicular deve compensar os custos do energético a ser substituído mais os custos dessa conversão, levando-se em consideração as vantagens de uma menor quantidade de poluentes a ser emitida com o uso do gás natural.

**A substituição do óleo diesel pelo gás natural no setor de transportes, atualmente não é concebida apenas com base nos preços dos combustíveis ou suprimento de derivados, mas sim, considerando o ganho ambiental proveniente deste processo de substituição.**

**Já em relação à substituição do álcool e da gasolina pelo gás natural no setor de transportes, a questão do preço dos combustíveis é decisiva, pois o gás é muito mais barato que o álcool e a gasolina.**

### **5.5. Considerações sobre as dificuldades para um maior uso de gás metano em veículos nos anos 90.**

O gás natural veicular, GNV, foi autorizado para uso em frotas cativas, táxis e ônibus em 25/09/92 através da portaria 553 do Ministério das Minas e Energia. Através do decreto federal nº 1.787 de 15/01/96, os veículos particulares foram autorizados a usar o GNV, desde que algumas regras fossem respeitadas. Assim, o INMETRO através do regulamento técnico RT 83/87 ficou incumbido de fiscalizar as oficinas de conversão de motores. Tais oficinas, para procederem à conversão dos veículos, precisaram se adaptar às

exigências do INMETRO, que passou a fornecer o certificado de conversão, obrigatório no ato do licenciamento do veículo. As atividades de conversão foram regulamentadas pela NBR 11.353.

Tais conversões devem respeitar ainda, a lei 8.723 (PROCONVE) referente a emissões de poluentes.

Apesar da liberação do uso de GNV ter ocorrido em 1992, somente em 1996 é que a prefeitura da cidade de São Paulo se organizou e começou um programa para conversão dos ônibus municipais. Com a elaboração da lei 12.140/96 de 05/07/96 a frota municipal começou a ser convertida para o uso de GNV numa proporção de 5% do total de veículos em cada ano.

Apesar disso, a substituição dos combustíveis tradicionais pelo GNV ainda encontra algumas resistências. Isso se deve a:

(a) fatores econômicos: custo da conversão, distribuição dos combustíveis.

(b) fatores psicológicos referente ao usuário tais como: insegurança quanto ao suprimento do combustível (trauma do álcool hidratado), desinformação quanto ao uso do GNV (é muito comum ainda a confusão entre gás natural, gás de cozinha e gás metano).

Na implantação de um programa de complementação no uso de combustíveis tradicionais por gás metano fóssil, devem ser buscadas soluções para os fatores que possam atrapalhar o sucesso do programa. É necessário que os kits de conversão de motores possam ser comercializados a custos menores, o que indica a necessidade de uma concatenação com as diretrizes de política industrial.

É preciso que haja uma campanha de esclarecimento para os usuários quanto aos custos de conversão dos motores, retorno do investimento inicial necessário, e vantagens econômicas proporcionada pela grande diferença de preços entre gás e gasolina/álcool.

No caso da complementação de uso do óleo diesel é necessário que as vantagens ambientais decorrentes do uso do gás natural sejam obrigatoriamente consideradas.

Outra desvantagem do uso do gás natural veicular está na distribuição dos derivados, que pode ser pontual, ou seja, o óleo diesel ou a gasolina podem ser encontrados em qualquer ponto do país. Isso não acontece com o gás natural devido à rigidez em sua estrutura de transporte e distribuição. Além disso, a demanda por derivados está consolidada enquanto que o mercado de gás natural se encontra em expansão.

Quanto aos fatores psicológicos, para que um programa desse tipo se desenvolva bem, há necessidade da participação ativa do governo no sentido de promover um esclarecimento da população quanto aos benefícios do uso do novo combustível e dar garantias quanto ao seu abastecimento.

Poderia haver também algum tipo de incentivo a novos usuários, que seriam encorajados a aderir ao programa.

## Conclusão

Neste trabalho são levantados os principais fatores que influenciam a utilização de novos combustíveis no setor de transporte rodoviário urbano, através de uma análise do uso e das possibilidades do gás metano fóssil e de biodigestão na frota de veículos de São Paulo e outras regiões, em complemento aos combustíveis tradicionais.

A hipótese de escolha do gás metano fóssil como alternativa a essa complementação, foi levantada por duas razões. A primeira diz respeito à tecnologia já dominada e que permite o uso de combustíveis gasosos nos motores de veículos. A segunda razão diz respeito à disponibilidade de gás natural na estrutura de produção do país e, contraditoriamente, de sua pequena participação na matriz energética brasileira.

Curiosamente, no estudo da estrutura de produção/consumo de derivados no Brasil é detectado o desperdício de grandes volumes de gás natural, cerca de 4,3 Mm<sup>3</sup>/ano, sendo a PETROBRÁS a grande responsável por esta perda. Tal volume pode ser aproveitado em programas de complementação do uso de derivados em meios de transporte rodoviário urbano. Isso reforça ainda mais a escolha do gás natural como um combustível complementar.

Por outro lado, o uso do gás natural em veículos está atrelado a alguns fatores condicionantes que limitam o seu uso a certas regiões do país. Basicamente são três fatores: preço, infra-estrutura de produção/distribuição e oferta do gás natural.

Em relação à oferta, o Brasil não apresenta nenhum problema aparente, pois, como já foi comentado, há inclusive desperdício deste combustível no país.

Por outro lado, o preço do gás natural se constitui em outro fator condicionante e que pode gerar problemas quando se proceder a um estudo de complementação no uso de combustíveis. Para que o uso do gás natural em programas de complementação de combustíveis tradicionais seja bem sucedido, há a necessidade de que o seu preço esteja em um nível abaixo dos outros combustíveis concorrentes. Esta diferença de preços deve ser tal que compense os investimentos que deverão ser feitos em motores e veículos para sua conversão, levando-se em conta não só a economia obtida deixando-se de usar o antigo combustível, mas os benefícios ambientais que deverão ser conseguidos com o uso do combustível gasoso. Portanto, o preço relativo dos combustíveis é um fator importante e que pode decidir pela viabilidade da implantação de programas de GNV no Brasil.

Em relação à infra-estrutura de produção/distribuição, a utilização do gás natural está restrita a áreas produtoras de gás e/ou servidas pela rede de gasodutos, ou seja, algumas regiões metropolitanas e litorâneas.

Desta feita, há no Brasil algumas regiões que apresentam programas de uso de gás natural em transporte rodoviário urbano. As cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Natal, Salvador, Recife, Fortaleza, Vitória e Aracaju, possuem veículos movidos a gás natural rodando em suas ruas e avenidas. Outras cidades, como Manaus, Maceió e Belo Horizonte ou regiões, principalmente a do Vale do Paraíba, Norte Fluminense e interior paulista podem vir a implantar programas de uso de gás natural veicular no transporte rodoviário urbano, em razão da infra-estrutura de produção/distribuição presente nestes locais.

Assim, o ônibus urbano é o veículo no qual o uso de gás metano poderia ser desenvolvido de forma satisfatória, em razão de seu percurso ser bem definido e em regiões limitadas. Considerando o uso do gás natural nos ônibus, dois problemas que ocorrem hoje

no Brasil poderiam ser solucionados, no mínimo parcialmente, ou seja, o gargalo proporcionado pelo óleo diesel na matriz de refino e a péssima qualidade do ar nos grandes centros urbanos brasileiros.

No primeiro caso, tema principal desta dissertação, o objetivo principal é a diminuição do consumo de óleo diesel em quantidades que, no mínimo, eliminassem as importações do produto.

Para determinar a quantidade exata de óleo diesel que poderia ser deslocado na matriz energética, através do uso do gás metano fóssil em ônibus, em todas as regiões do Brasil que possuem ou poderiam vir a possuir programas de gás natural veicular, um estudo mais aprofundado, envolvendo todos os aspectos estruturais de cada uma das regiões, isoladamente e em conjunto, deveria ser feito. A extensão deste trabalho não atinge tal dimensão, entretanto é elaborada uma seqüência de cálculos relativos à cidade de São Paulo, na qual é possível mostrar um valor aproximado da quantidade de óleo diesel utilizada pela frota de ônibus urbanos e, conseqüentemente, um índice que poderia ser economizado só nessa região. A partir disso pode ser imaginado um panorama (incerto) a nível de Brasil.

Considerando os seguintes dados relativos à cidade de São Paulo:

- percurso médio anual de um ônibus: 80.000 Km/ano (SMA-SP, 1997)
- autonomia do ônibus com óleo diesel: 2,5 Km/litro (Barreto, 1989)
- frota de ônibus da cidade: 11.000 unidades (SMA-SP, 1997)

É possível calcular um valor aproximado do consumo de óleo diesel pela frota de ônibus da cidade de São Paulo. Este consumo é de aproximadamente 2.200 Mlitros.

Considerando ainda, a densidade do óleo diesel igual a 0,85 (segundo PETROBRÁS, 1996: e a densidade do óleo diesel situa-se entre 0,82 e 0,88) tem-se um volume de 1,87 Mm<sup>3</sup> de óleo diesel consumido pela frota de ônibus da cidade de São Paulo.

Sabendo-se que as importações brasileiras de óleo diesel em 1996 alcançaram 4,9 Mm<sup>3</sup>, o volume de óleo diesel consumido na frota da cidade de São Paulo representou, no mesmo ano, aproximadamente 38,2% do total importado. Então, se fosse usado o gás só na frota de ônibus da cidade de São Paulo, poderia haver redução de 38,2% da importação do diesel. Considerando outras cidades e regiões, onde seriam implantados programas de substituição do diesel pelo gás, a redução seria muito significativa, podendo ocorrer até a eliminação da necessidade de importação desse derivado.

A questão da qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos, tem chamado a atenção da opinião pública nos últimos anos. Mesmo assumindo que a questão ambiental envolvendo o uso de combustíveis fósseis, ficou relegada a um segundo plano neste trabalho é preciso deixar claro que, atualmente, quando se fala em complementação ou mesmo substituição de combustíveis, o fator principal a ser analisado refere-se ao ganho ambiental que o combustível concorrente proporcionará em comparação com os combustíveis tradicionalmente utilizados.

Com base nisso, o gás natural proporciona uma eliminação na emissão dos óxidos de enxofre e material particulado. Daí sua vantagem de complemento ao uso do óleo diesel nos ônibus, pois este combustível apresenta altas concentrações destes poluentes.

Em contrapartida, o uso do gás natural nos ônibus apresenta alguns entraves. Apesar de ambientalmente mais vantajoso, o gás natural apresenta uma pequena diferença de preço em relação ao óleo diesel, cerca de 80% deste.

Isso tem inviabilizado o processo de conversão em razão dos altos custos de conversão.

É necessário que as autoridades envolvidas com o setor de transporte rodoviário urbano promovam incentivos e facilitem o uso do gás natural nos veículos, principalmente nos ônibus urbanos, atraindo os frotistas para o novo combustível.

Os ganhos, tanto ambiental quanto de divisas para o país, são evidentes. Basta vontade, planejamento e participação de todos os atores envolvidos.

**BIBLIOGRAFIA CITADA****A1 ) PERIÓDICOS**

BARRETO, M.R.S. “Utilização de gás natural comprimido em motores de ciclo Otto”, BR Distribuidora, Rio de Janeiro, 1989.

CHERNOFF, H. ; SANCHES, G. e FRIEDMAN, D. “The NGV market: Visions of the future”. Revista Natural Gas Fuels, Out/1994.

D'AVIGNON, A. “Queima de combustíveis degrada as cidades”. Revista Ciência Hoje, vol. 17, nº 99, Abr/1994.

EDITORIAL. “Fresh opportunities for gas in new markets”. Revista Gas World International, Jun/1994, p. 12 a 15.

EDITORIAL. “Getting the show on the road”. Revista Gas Engineering & Management, Out/1995.

EDITORIAL. “The economics game: the NGV payoff”. Revista Natural Gas Fuels, Ago/1994.

EDITORIAL. “On the road with natural gas”. Revista Energy World, Out/1995.

GORMAN, T. “NGVs from concept to reality”. Revista Gas Engineering & Management, vol. 36, Issue 5, jun/96, p. 8-24.

CORTEZ, L.A.B., MAGALHÃES, P. & HAPP, J. **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 2, nº 2, p. 111 a 146, 1992.

LEWIS, J. e OUTTRIM, P. "So simple, so misterious". Revista Natural Gas Fuels, Set/1994.

MARCHESI, G. et alii. "Comportamento automotivo e impacto ambiental da gasolina contendo MTBE". Revista Combustíveis, v. 43, nº 2, p. 48-69, 1989.

MCLELLAN, A.A. "Canada a leader in NGV industry". Revista Natural Gas Fuels, Out/1994, p. 62-64.

POULALLION, P. "O gás natural: energia alternativa ou energia do desenvolvimento" ?. Revista Petro & Gás, pp. 65, Dez/1991.

PETROBRÁS, 1994:a Revista da PETROBRÁS ano I, nº 8, julho/94.

PETROBRÁS, 1995 - Revista da PETROBRÁS ano II, nº 14, pp. 12-18, fev/95.

Revista QUATRO RODAS "Desempenho piora na versão a gás", Mai/1996.

## **b) LIVROS**

CASTRO, A.B. de "A política energética em questão" in M.C. Tavares e M.D. David (eds) A Economia Política da Crise, Vozes, São Paulo, 1984, pp. 101-118.

CORTEZ, L.A.B. e LORA, E.S. Tecnologias de conversão energética da biomassa. Manaus: EDUA/EFEI, 1997.

IPT (1990). "Conservação de energia na indústria do açúcar e do álcool". Manual de recomendações, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, São Paulo, 1990.

**c) DOCUMENTOS**

BEN - Balanço Energético Nacional 1997 - ano base 1996 - Ministério das Minas e Energia, Brasília, 1997.

BR DISTRIBUIDORA, 1996: a - Relatório do mês de setembro/96 da gerência de gás da BR Distribuidora/DTCS, Utinga - São Paulo, set/96.

BR DISTRIBUIDORA, 1996: b - Relação de oficinas convertedoras credenciadas pelo INMETRO em São Paulo, São Paulo, 1996.

BR DISTRIBUIDORA, 1996: c - Documento Interno DIB - BR, Vendas de GNV - Controle Comgás, São Paulo, set/1996.

BR DISTRIBUIDORA, 1996: d - Relação de postos de abastecimento de GNV no Brasil, São Paulo, set/1996.

CETESB - "A participação dos veículos automotores na poluição do ar em São Paulo", Informativo CETESB, São Paulo, 1992.

COMGÁS - Projeção da evolução de consumo de gás natural por ERM, setembro/96, COMGÁS, São Paulo, 1996.

GMB - documento interno da General Motors do Brasil "informações básicas - GNC, 1997.

MBB - Mercedes Benz do Brasil "OH 1621 L/Gás chassis para ônibus

PETROBRÁS 1996: a - Sistema de escoamento de gás das bacias de Campos e de Santos e distribuição do consumo de gás, São Paulo, 1996.

PETROBRÁS 1996: b - Previsão de vendas de gás natural para 1996, DTCS São Paulo, 1996.

PETROBRÁS, 1996: e - Informações sobre mercado nacional de combustíveis. Conforme Fax recebido da superintendência - REPLAN /1996.

PETROBRÁS, 1994: b - Caderno DEPRO - SE, set/1994.

PETROBRÁS, 1996:a - Caderno DEPIN, 1996

SILEX CONVERGÁS (1996) - Estudos e documentos da convertora de motores Silex Convergás adquiridos em 1996/97, durante pesquisa de campo na empresa.

SMA-SP (1997) - Diretrizes e proposta de anteprojeto de lei de política de controle de poluição veicular e transporte sustentável. Documento de discussão pública. São Paulo, 1997.

#### **d) TESES/ ESTUDOS ACADÊMICOS**

ALMEIDA, W.E. de “Uma análise comparativa da utilização dos ônibus a gás natural e a óleo diesel”. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

ARROYO JR, C, MOLINARI, E, MAEDA, G, “Gás natural: uma pequena visão de sua utilização no Brasil e Japão”. Pesquisa em site (via Internet) da PETROBRÁS, 1997

BAJAY, S.V. & BERNI, M.D. “Otimização da demanda de energia e da emissão de poluentes no transporte urbano: Um estudo de caso sobre a cidade de Salvador”. Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 481-497, Campinas, Dez/1994.

BALASSIANO, R. “Alternativas tecnológicas para ônibus urbano: avaliação do ônibus a gás natural comprimido, trolebus e seus impactos ambientais”. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro, 1991.

LORA, E.S. “Tema V - Poluição do ar por produtos de combustão, palestra X - formação de poluentes e emissões veiculares”, apostila da disciplina Poluição, FEM/Unicamp, 1996.

FERREIRA, A.L. “Demanda e conservação de óleo diesel na fase agrícola do PROALCOOL”. Dissertação de Mestrado - AIPSE - UNICAMP, Campinas, 1992.

MACHADO, F.T.H.F. “A utilização do ônibus a gás natural comprimido na frota de ônibus urbanos como alternativa para a redução da poluição atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo.” Dissertação de Mestrado - IEE - USP, São Paulo, 1996.

MIGUEZ, J.D.G. ; PASSOS, M.F.S.A. “Uso indevido de GLP: proposta de combate ao desperdício”. Anais do VI congresso brasileiro de energia e seminário latino americano de energia, pág. 785 - 791, Rio de Janeiro, 1994.

PINTO Jr, H.Q. “Elementos para a formação de uma política de preços para o gás natural no Brasil”. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1988.

RODRIGUES, M.G. “Um estudo sobre a expansão do gás natural no Brasil num contexto de integração regional”. Tese de Doutorado - AIPSE Unicamp, Campinas, 1995.

SALERNO, A.G., CASTRO, A.C., BASTOS NETO, A.O. “Biodigestão anaeróbia de efluentes industriais: um caminho para solucionar o problema da poluição ambiental e auxiliar o Brasil na obtenção de fontes renováveis de energia” Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 337-350, vol. 3, Campinas, 1989

SILVA, E.R. da “Investimento energético em tempo de crise - o projeto gasoduto termelétrica Bolívia - Mato Grosso do Sul - São Paulo na conjuntura 1994 -1996”.  
Dissertação de Mestrado - DE-PSE UNICAMP, Campinas, 1996.

WRIGHT, C.L. ; SANT'ANNA, J.A. “Os transportes urbanos na década de 90: Problemas e perspectivas” in Textos para discussão - Acompanhamento de políticas públicas - nº 8, IPLAN, Abril/1989.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

### A1 ) PERIÓDICOS

ABEGÁS. “Gás no Brasil: legislação e proposta de modelo institucional”. Revista Petro & Gás, Dez/1991.

ALMEIDA, F.X. “Gás natural: comentários sem compromissos”. Revista Petro & Gás, Abr/1995.

BIROL, F. e GUERER, N. “Modelling the transport sector fuel demand for developing economies”. Revista Energy Policy, Dez/1993.

CHAVES, A. A. “Ministério das minas e energia define política para o gás natural”. Revista Petro & Gás, Out/1986.

Conheça a PETROBRÁS, REVISTA; Serviço de relações institucionais da PETROBRÁS, 1994.

COUTINHO, M.C. “O plano nacional do gás natural”. Revista Petro & Gás, 1987.

EDITORIAL. “International shipments to maintain upward trend”. Revista Oil & Gas Journal, Jul/1991.

FENDER, J. “The road to lower emissions”. Revista Energy World, Nov/1992.

FERREIRA, L. “O prioritário caso do gás natural”. Revista Petro & Gás, Set/1988.

GUEDES, A.A. e MARCUSSO, J.L. “Anos 90: a década do gás no Brasil”. Revista Petro & Gás, Set/1992.

HERBERT, J.H. e KREIL, E. "US natural gas markets - How efficient are they ?" Revista Energy Policy, vol. 24, nº 1, 1996.

KREPEL, P.A. "Preço competitivo para o gás natural : uma questão essencial". Revista Petro & Gás, Fev/1989.

LINDEN, H. R. "Climate change and natural gas - a realist assessment". Revista Energy World, Ago/1995.

RODRIGUES, G.F. "Um futuro para o gás natural no Brasil". Revista Petro & Gás, Out/1990.

RODRIGUES, M.G. e ARAÚJO, M.S. "Possibilidades de penetração de mercado para o gás natural a ser importado pelo Brasil". Revista Petro & Gás, Set/1992.

RODRIGUES, M.G. e CHAGAS, N.K. "Com gás rumo ao futuro". Revista Ciência Hoje, vol.15, nº 85, Out/1992.

ROSA, L.P. "Tendência mundial de consumo, produção e conservação de energia - o meio ambiente e os avanços tecnológicos". Revista Brasileira de Energia, vol.1, nº 3, 1990.

SUTHERLAND, R.J. "Natural gas contracts in an emerging competitive market". Revista Energy Policy, Dez/1993.

TADEU, F. "Gás natural - a ecologia também agradece". Revista Petro & Gás, Dez/1987.

TOMBI, R.L. "Mercado de gás natural automotivo no Brasil". Revista Petro & Gás, Jun/1991.

**b) LIVROS**

ACIOLI, J. de L. Fontes de Energia, editora da UnB, Brasília, 1994.

OLIVEIRA, A.P. de O gás natural: uma energia civilizante ? Brasília, Fundação Alexandre de Gusmão, IPRI, 1988. VI.

**c) DOCUMENTOS**

ABEGÁS - Especificação do gás natural no Brasil, São Paulo, 1994.

BEESP - Balanço Energético do Estado de São Paulo, São Paulo, 1996.

BRASCEP / CHESF - Fontes energéticas brasileiras - gás natural: caracterização/ inventário/ potencial/ tecnologia/ planejamento, Rio de Janeiro, 1987.

BR DISTRIBUIDORA, 1996: b - Relação de oficinas convertedoras credenciadas pelo INMETRO em São Paulo, São Paulo, 1996.

CETESB - "A participação dos veículos automotores na poluição atmosférica", São Paulo, 1985.

CIA IPIRANGA/ATLANTIC - "Gás Natural: um guia para sua economia" São Paulo, 1996.

COMGÁS - Projeção da evolução do consumo médio diário de G.N. por região em São Paulo, São Paulo, 1996.

CONPET - "Gás Natural - informações técnicas". Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural. Rio de Janeiro, 1996.

IANGV - 1996. International Association Natural Gas Vehicular. Relatório anual 1996.

MME - CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO - Regulamento técnico CNP 23/87 referente à resolução 17/87 - especificações do gás natural no Brasil, Brasília, 1987.

PETROBRÁS 1993 - "O gás natural no Brasil". Monografia, Set/1993.

PETROBRÁS, 1989 - O abastecimento de petróleo e derivados e o álcool carburante (passado, presente e futuro), DECOM, Rio de Janeiro, 1989.

#### **d) TESES/ ESTUDOS ACADÊMICOS**

BAJAY, S.V. et alii "Estudo prospectivo sobre a evolução dos veículos automotores". Campinas, Dez/1991.

BAJAY,S.V. e SINÍCIO, M.F. "Viabilidade da produção do ETBE no Brasil, a partir do Etanol, para atender a futura demanda por gasolina premium". Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 457-465 Campinas, Dez/1995.

BAJAY,S.V. e FERREIRA, A.L. "PROÁLCOOL: do discurso da renovabilidade à sua dependência de uma fonte não renovável". Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético,pp. 351-365, vol. 3, Campinas, 1989.

BARROS, M.G. e GOMES, J.A. "Uso do gás metano no sistema de transporte público de passageiros da região metropolitana de Recife". Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 69-78, vol. 2, Campinas, 1989.

BERNI, M.D. "Gestão ambiental e planejamento do transporte urbano." Dissertação elaborada para o curso de Especialização em Gestão Ambiental. UNICAMP, Campinas, 1997.

BERTASSO, A.J. "Biodigestor - Um estudo de caso". Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 294-297, Campinas, 1995.

BUONFÍGLIO, A. "Questões estratégicas dos derivados de petróleo". Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 67-90, vol. 3, Campinas, 1989.

CASTRO, N. de "A demanda por energia em transportes : Determinantes e possibilidades de conversão". in Textos para discussão - grupo de energia - nº XL. IPEA, Nov/1986.

CASTRO, N. de "Estrutura e desempenho do setor de transporte rodoviário de carga". in Textos para discussão - grupo de energia - nº XLII. IPEA, Mai/1987.

CNPQ, "Avaliação tecnológica do álcool etílico vol I e II", Brasília, 1978.

CORREIA, P.B. e BERNI, M.D. "Transportes e emissões de CO<sub>2</sub>: Uma análise com enfoque multiobjetivo". Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 474-481, Campinas, 1995.

FERNANDES, E. dos S. L. "A política brasileira de combustíveis alternativos e a poluição atmosférica urbana: o caso dos veículos leves com ciclo Otto". Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1992.

NOGUEIRA, E.M. ; ROCHA, A.L. e VALENÇA, J.A.Jr. "Emissões veiculares em salvador". Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 498-501, Campinas, Dez/1995.

OLIVEIRA, A. e ARAÚJO, M.S. "A importação brasileira de gás natural no contexto do mercosul". Anais do II congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 706-719, Campinas, Dez/1995.

PEDROSO Jr, F.J. “Avaliação energética e estimativa das emissões de poluentes pelo setor de transportes da região administrativa de Campinas”. Dissertação de Mestrado - PSE UNICAMP, Campinas, 1996.

PINHEIRO, A.C. “Sobre a dieselização da frota brasileira de caminhões” in Textos para discussão - grupo de energia - nº XVII. IPEA, Dez/1983.

PINTO Jr, H.Q. “O comércio externo de petróleo e derivados: A estratégia pós choque”. Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 37-52, vol. 3, Campinas, 1989.

SANTANA, E. A. de. “Preço do gás natural: um problema de otimização”. Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, vol. 2.

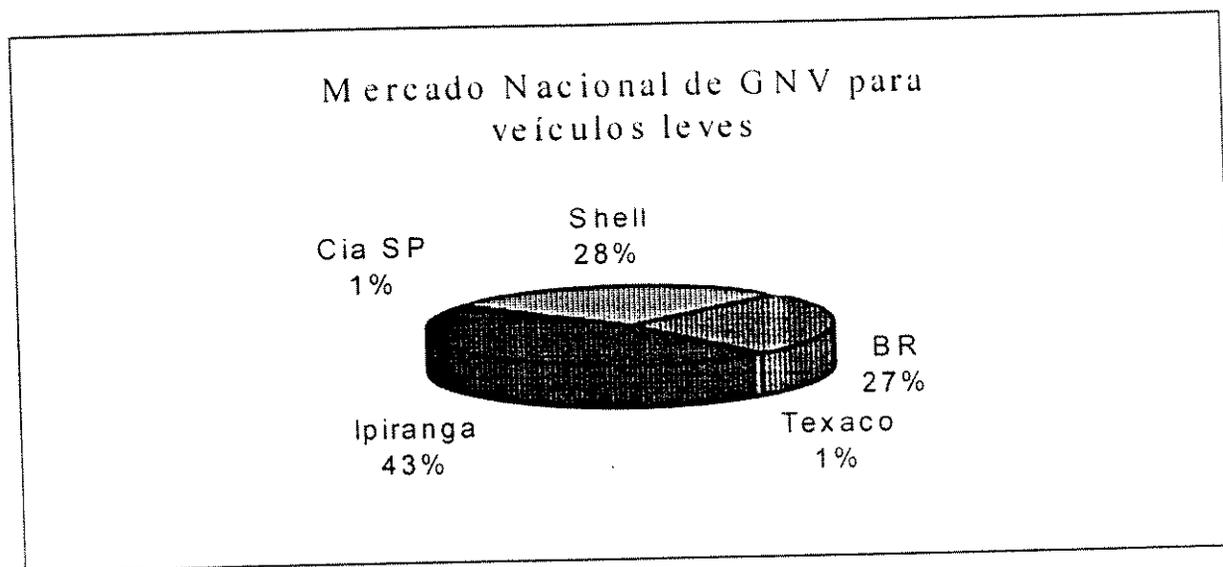
SEVÁ, A. O. Fº. “Energia - Indústria - Ambiente, situações de conflito local/regional”, Campinas, 1996.

TRINDADE, C.O.C. “Análise dos custos de transporte de carburantes na país”. Anais do I congresso brasileiro de planejamento energético, pp. 13-20, vol. 3, Campinas 1989.

## ANEXOS

## Anexo I

### Mercado de GNV para veículos leves no Brasil



Fonte: Relatório mensal BR Distribuidora, set/1996.

A *BR Distribuidora*, anunciou em fins de 1994, a intenção de instalar um posto para abastecimento de gás metano veicular em Belo Horizonte. A empresa manifestou interesse também, em instalar mais 3 postos de GNV em São Paulo, 3 postos no Rio de Janeiro, 2 postos em Recife e 1 posto nas cidades de Salvador, Vitória, Fortaleza, João Pessoa e Maceió (Revista da PETROBRÁS, 1994, nº 8, p. 14-15).

## Anexo II

Sistema de escoamento de petróleo e derivados no estado de São Paulo.

Pontos Extremos	Produto Transferido	Extensão (Km)
Alemoa - Cubatão (OSSP)	claros	11
Alemoa - Cubatão (OSSP)	claros	11
Alemoa - Cubatão (OSSP)	claros	11
Alemoa - Cubatão (OSSP)	óleos combustíveis	11
Alemoa - Cubatão (OSSP)	GLP	11
Barueri - Utinga (OBATI)	claros	50
Barueri - Utinga (OBATI)	óleos combustíveis	50
Capuava - Utinga (OSSP)	claros	10
Capuava - Utinga (OSSP)	óleos combustíveis	10
Capuava - Utinga (OSSP)	claros	10
Cubatão - Capuava (OSSP)	petróleo	34
Cubatão - Capuava - Utinga (OSSP)	claros	47
Cubatão - Utinga (OSSP)	GLP	37
Cubatão - Utinga (OSSP)	óleos combustíveis	37
Guararema - Paulínia (OSVAT)	petróleo	153
Guararema - Paulínia (OSPLAN II)	claros	153
Guararema - S.J. dos Campos (OSVAT)	petróleo	37
Guararema - Rio de Janeiro (OSRIO)	álcool	372
Guarulhos - aeroporto Cumbica	querojato	7
Paulínia - Barueri (OPASA)	claros	98
Paulínia - Barueri (OPASA)	claros	98
Paulínia - Barueri (OPASA)	óleos combustíveis	98
S.J. dos Campos - Guarulhos - Utinga (OSVAT)	claros	121
S.J. dos Campos - Guarulhos - Utinga (OSVAT)	óleos combustíveis	121
S.J. dos Campos - Utinga (OSVAT)	claros	110
São Sebastião - Cubatão (OSBAT)	petróleo	123
São Sebastião - Paulínia (OSPLAN)	claros	220
S. Sebastião - Rio Pardo - Guararema (OSVAT)	petróleo	84
Utinga - Cubatão (OSSP)	álcool	37
Utinga - Petroquímica União S.A. (OSVAT)	nafta	11
Cubatão - São Paulo (GASAN) *	gás	42
Macaé - Capuava (GASPAL) **	gás	310

Fonte: Revista da PETROBRÁS, 1995.

\* GASAN - Gasoduto de Santos

\*\* GASPAL - Gasoduto Rio - São Paulo

## Anexo III

Oficinas convertedoras de motores para uso de gás metano, situadas no estado de São Paulo

- GÁS AUTOMOTIVO S.A.

Rua do Impressionismo, 252 - Freguesia do Ó

- RODAGÁS

Rua Campante, 713/721 - Ipiranga

- ECOGÁS

Avenida Nicolas Boer, 450 - Barra Funda

- POSTO IMPÉRIO - DIV. GÁS

Rua Joaquim Carlos, 1380 - Pari

- FERNANDES & FILHOS

Avenida Vereador Abel Ferreira, 2.700 - Vila Formosa

- MOTOR GÁS

Rua dos Trilhos, 2.051 - Mooca

- SILEX-CONVERGÁS

Rua Júlio Pallaro, 165 - Vinhedo - SP

Esta última oficina, a SILEX CONVERGÁS serviu de base para a etapa de campo da pesquisa.

## Anexo IV

Evolução da produção total de biogás na destilaria São João

Safra	Duração (dias)	Produção biogás (96% a 98% CH <sub>4</sub> ) em Nm <sup>3</sup>	Produção biogás (60% CH <sub>4</sub> ) em Nm <sup>3</sup>
86/87	197	234.704	319.282
87/88	197	593.544	918.514
88/89	169	687.274	1.112.453
89/90	176	656.374	1.032.683
90/91	213	1.035.200	1.751.904
91/92	196	1.126.181	1.848.320
92/93	207	1.488.396	2.371.946
93/94	186	1.085.053	1.778.486
94/95	204	804.665	1.228.496
95/96	147	337.502	514.798

Fonte: Elaborado a partir de dados próprios, obtidos em pesquisa junto à empresa.

SILEX



CONVERGÁS

# VISÃO GERAL

**No. de países envolvidos: 47 (\*)**

Programa de GMV (anos)	No. de Países
> 10	9
> 5	9
< 5	29

## Razões

**Aproveitamento de recursos naturais**

**meio Ambiente**

**Estratégia para ampliar a matriz energética**

**Econômicas (preço)**

**Frota mundial: 937.000 veículos (\*)**

**Postos de abastecimento: 2.670 (\*)**

SILEX



CONVERGÁS

## GÁS NATURAL AUTOMOTIVO EXPERIÊNCIA MUNDIAL

### Total de veículos no mundo

mais de 1 milhão em 47 países

### Estados Unidos

1996 - 30.000 veículos

Olimpíadas de Atlanta

500 veículos (200 ônibus e 300 veículos leves)

350 mil pessoas utilizaram estes veículos

fonte: Natural Gas Fuels - Jul/96

U.S. Post - 800 veículos

Disney World/Epcot Center - veículos e barcos

movidos a gás natural

Ônibus escolares

### Japão

1996 - 1.200 veículos

metas do governo

1997 - 50.000 veículos

2000 - 200.000 veículos

montadoras envolvidas - Honda, Nissan, Mazda,

Suzuki e Toyota

### Canadá

1996 - 39.000 veículos

Política de Incentivos do governo

US\$ 500 por conversão do veículo

US\$ 1.000 por veículo comprado de fábrica

US\$ 50.000 por estação de abastecimento

### Itália

1996 - 300.000 veículos

utiliza gás natural automotivo desde 1930

### Argentina

1996 - 380.000 veículos e 490 postos de gás natural

### Venezuela

construção de 200 postos de gás natural

exportação da gasolina substituída

### Brasil

1996 - 7.000 veículos leves e 370 ônibus

44 postos de gás natural

18 em São Paulo

19 no Rio de Janeiro

SILEX



CONVERGÁS

# FROTA E POSTOS DE ABASTECIMENTO NO MUNDO

	Veículos	Postos		Veículos	Postos		Veículos	Postos
Argentina	395000	496	França	603	6	Irlanda	34	1
Itália	290000	270	Índia	600	26	Rep. Checa	30	11
Rússia	205000	192	Holanda	600	15	Polónia	20	4
Estados Unidos	40000	1082	Japão	452	27	Suiça	20	3
Canadá	36400	112	Bolívia	400	6	Áustria	13	1
Nova Zelândia	25000	245	Alemanha	340	20	Nigéria	11	2
Brasil	14000	39	Inglaterra	300	8	Dinamarca	9	2
Colômbia	4600	22	Trinidade	250	2	Egito	6	
Indonésia	3000	12	Burma	200		Noruega	5	1
Paquistão	2500	12	Chile	200	2	Coreia	4	1
China	2000	10	Turquia	189	3	Finlândia	3	2
Venezuela	1500	20	Bélgica	116	26	México	1	3
Austrália	1000	35	Suécia	94	4	Algeria		1
Malásia	851	6	Taiândia	92	2			
Irã	800	1	Bangladesh	65				

**TOTAL:**

Veículos 1.026.308

Postos 2.733

SILEX

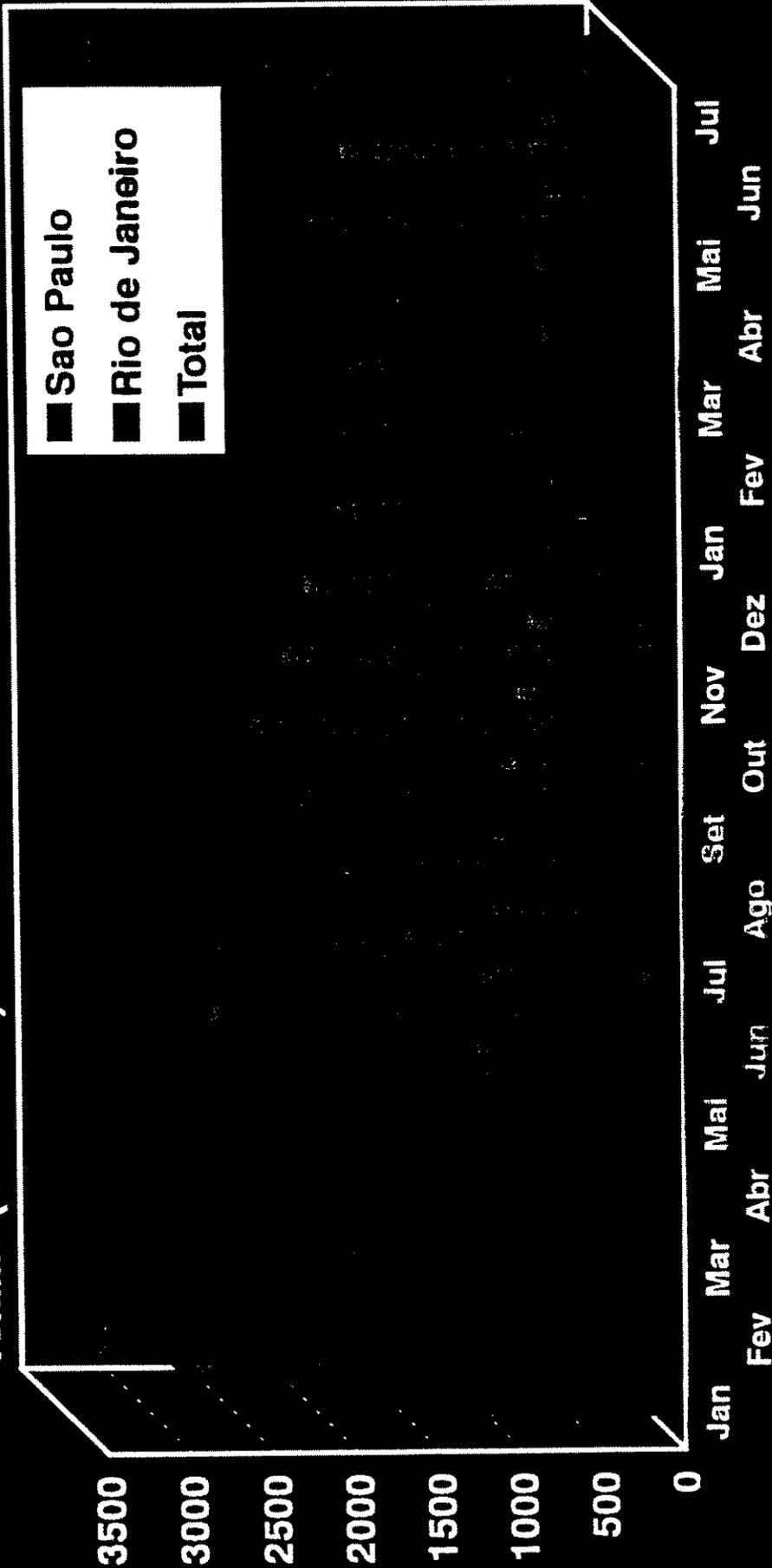


CONVERGÁS

# PROGRAMA GMV NO BRASIL

## VENDAS TOTAIS - VEÍCULOS LEVES

Volume (x 1000 m3)



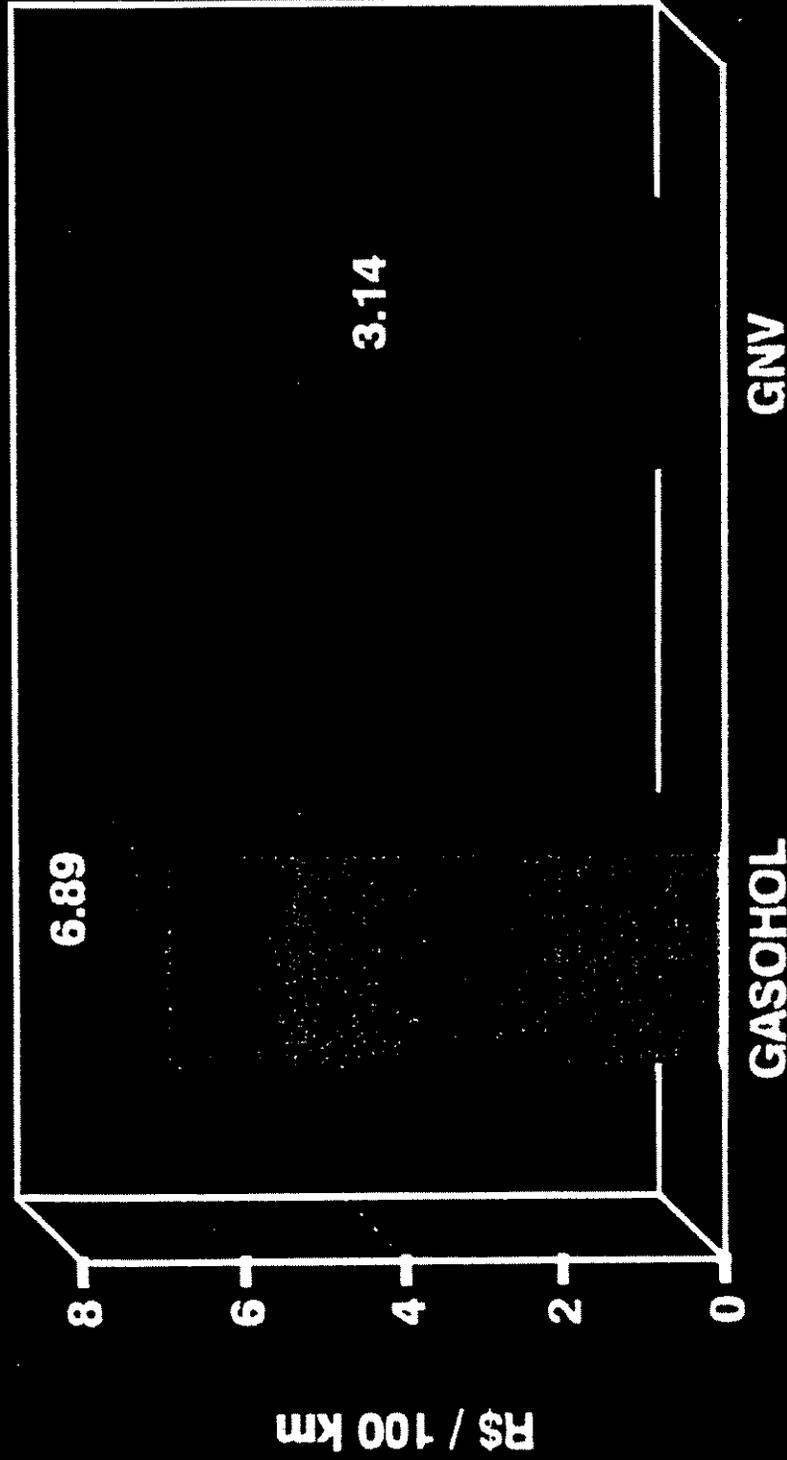
SILEX



CONVERGÁS

# CUSTO POR 100 km

## FTP 75 - CICLO URBANO



# RETORNO DE INVESTIMENTO

DIAS / MÊS	KM / DIA	KM / ANO	ECONOMIA MENSAL (R\$)		VALOR DO KIT = R\$ 2.000,00		VALOR DO KIT = R\$ 1.500,00		
			GASOLINA	ÁLCOOL	No. DE MESES PARA RETORNO	ÁLCOOL	No. DE MESES PARA RETORNO	GASOLINA	ÁLCOOL
26	250	78,000	289,13	306,31	6,90	6,50	5,20	4,90	
26	200	62,400	231,31	245,05	8,60	8,20	6,50	6,10	
26	150	46,800	173,48	183,79	11,50	10,90	8,60	8,20	
26	100	31,200	115,65	122,53	17,30	16,30	13,00	12,20	
20	250	60,000	222,41	235,63	9,00	8,50	6,70	6,40	
20	200	48,000	177,93	188,5	11,20	10,60	8,40	8,00	
20	150	36,000	133,45	141,38	15,00	14,10	11,20	10,60	
20	100	24,000	88,96	94,25	22,50	21,20	16,90	15,90	

OBS1: Dados de consumo preliminares de GNV foram fornecidos pela CBPI  
 OBS2: Dados de consumo de gasolina e álcool foram fornecidos pela Eng. VW



CONVERGÁS

# Características

	Santana 1.8 CLI	Gol 1.6 CLI	Kombi
Díámetro	338	244	338
Comprimento	870	840	1450
Volume	15,5	7,5 x 2 = 15	26
Peso	52	33,5 x 2 = 67	82
Autonomia	190	190	260
<b>Gasolina / Alcool</b>			
Urbano	10,2 km/l / 8,0 km/l	9,1 km/l / 7,0 km/l	6,2 km/l
Estrada	14,3 km/l	17,1 km/l	9,0 km/l
<b>GMV</b>			
Urbano	12,4 km/m <sup>3</sup>	11,3 km/m <sup>3</sup>	10,0 km/m <sup>3</sup>
Estrada	19,0 km/m <sup>3</sup>	20,4 km/m <sup>3</sup>	12,4 km/m <sup>3</sup>
<b>Consumo</b>			
Gasolina	0 - 100 km - 12,6 Seg.	0 - 100 km - 13,2 Seg.	0 - 80 km - 22,1
GMV	0 - 100 km - 16,0 Seg.	0 - 100 km - 16,3 Seg.	0 - 80 km - 23,5
<b>Gas/Gasolina</b>	65 %	60 %	67 %
<b>Gas/Alcool</b>	70 %	66 %	71 %

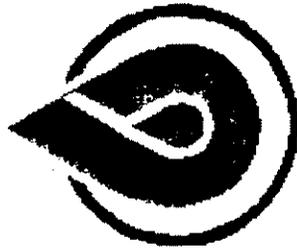


# LEIÇÃO

Comunidade mensal com Gás Natural – base : 200 km/dia – Tráfego Urbano – 22 dias úteis

	Santana 1.8 CLI	Gol 1.6 CLI	Kombi
Gasolina (R\$0,747)	431 litros	483 litros	710 litros
Alcool (R\$0,637)	550 litros	628 litros	
Gás (R\$0,373)	355 m <sup>3</sup>	389 m <sup>3</sup>	440 m <sup>3</sup>
Gasolina	322,00	360,00	530,00
Alcool	350,00	400,00	
Gás	132,00	145,00	164,00
Gás/Gasol.	190,00	215,00	366,00
Gás/Alcool	218,00	255,00	

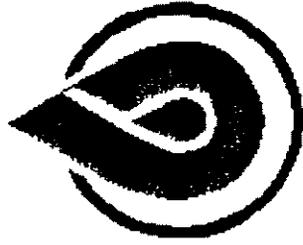
**SILEX**



# **CONVERGÁS Vantagens ao consumidor**

- Economia (60% do combustível, não permite o roubo de combustível)
- Maior autonomia - 200 km a mais (bicombustível)
- Rede de postos de abastecimento, em São Paulo com 20 postos (mais 2 em projeto)
- Veículo Verde - redução das emissões (60% CO, 60% NOx, 20% HC e isenta de particulado)
- Vida útil do motor aumenta significativamente (não carboniza a câmara de combustão)
- Regulagem automática do avanço do distribuidor - não detona na gasolina
- Diminuição da frequência de manutenção (aumenta a vida das velas e dos filtros)
- Aumento do intervalo das trocas de óleo e escapamento (gasolina e álcool oxidam mais rápido)
- Botão comutador e marcador da quantidade de Gás e Gasolina no painel são originais de fábrica
- Rápida conversão do veículo (2 hs)
- Referências - Souza Cruz, Ipiranga, PMSP, VW

**SILEX**



**CONVERGÁS**

# **Segurança**

- **Temperatura de inflamabilidade do GMV igual a 600° C (no caso da gasolina e do álcool em torno de 200° C)**
- **Faixa de ignição mais estreita que os combustíveis convencionais**
- **Mais leve que o ar (não acumula combustível)**
- **Cilindros e tubos de combustível são de aço**
- **Dispositivos de segurança contra vazamentos e odorizadores**

SILEX



CONVERGÁS

# TESTES NECESSÁRIOS PARA A CONVERSÃO DO VEÍCULO A GÁS NATURAL

## Motor

Calibração em dinamômetro - avanço

Calibração em dinamômetro - combustível

Curvas de performance do motor

Testes de velas - gama térmica, demanda e oferta

Testes de detonação

Durabilidade do motor

## Sistema

Homologação elétrica com sistema de injeção

Teste de indicador de combustível

Teste de vibração de componentes

Teste de temperaturas - CPU / chicote / componentes

Certificação de roteiros

Teste de oferta e demanda de alta tensão da bobina

Estanqueidade simulando rompimento de tubulação

**SILEX**



**CONVERGÁS**

## **TESTES NECESSÁRIOS PARA A CONVERSÃO DO VEÍCULO A GÁS NATURAL**

### **Veículo**

**Calibração - avanço / combustível**

**Teste de inverno / verão**

**Teste de dirigibilidade - Farhverhalten VW**

**Teste de dirigibilidade subjetiva - cliente**

**Teste de emissões de poluentes, incluindo aldeídos e evaporativos**

**Teste de consumo urbano com medição por emissões no ciclo FTP 75**

**Teste de emissões com homologação governamental**

**Teste de performance veicular**

**Teste de consumo urbano / estrada - nível usuário**

**Teste de consumo de óleo**

**Teste de durabilidade veicular**

**Crash test frontal**

**Crash test traseiro.**

**SILEX**



**CONVERGÁS**

# **CRITÉRIOS DE PROJETO**

**Preço final da conversão**

**Conformidade com o PROCONVE, tanto no GMV como no combustível original**

**Atendimento as normas de conversão e segurança veicular**

**Otimizar o compromisso Consumo x Emissões x Desempenho x Dirigibilidade**

**Durabilidade de 80.000 km ou 5 anos para todos os componentes que afetam emissões**

SILEX



CONVERGÁS

# TECNOLOGIAS

## 1a. Geração

Veículos equipados com  
carburadores

## 2a. Geração

Veículos com injeção eletrônica  
Atendimento fase II - Proconve

## 3a. Geração

Veículos com injeção eletrônica  
Atendimento fase III - Proconve

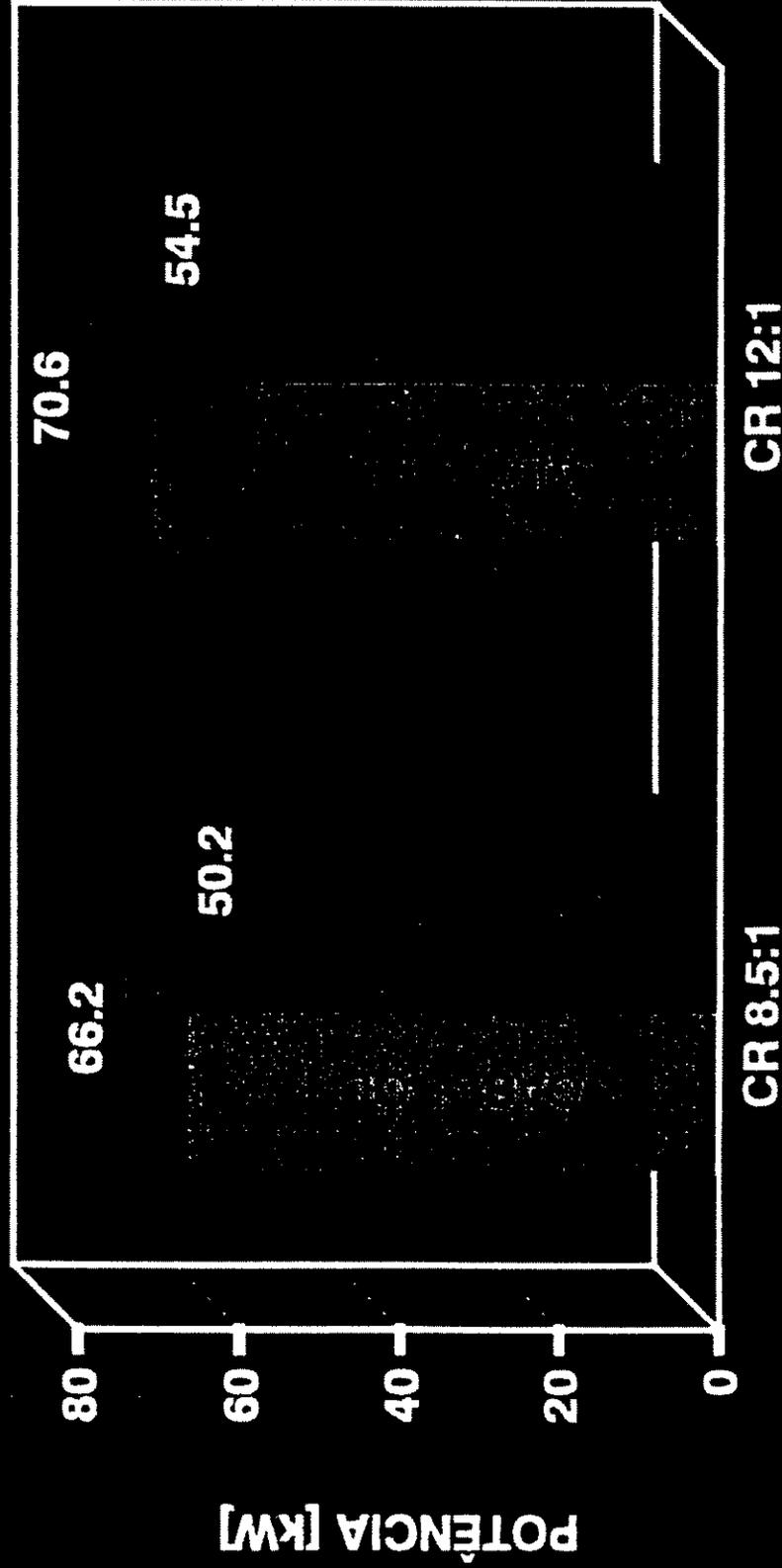
SILEX



CONVERGÁS

# PERFORMANCE DO MOTOR 1.8 L

Potência NBR 5484





Resolução 553 de 25/09/92 MME

Normatiza o uso do GMV para táxis, ônibus e frotas cativas

723 - Proconve - Emissões Veiculares

Decreto Federal no. 1.787 em 15/01/96

Normatiza o uso do GMV para os veículos particulares

Resolução 1.353 (revisada) - Norma de Conversão

Resolução 1.279 - Norma de Cilindros

Resolução 837 - Regulamentos Técnicos - INMETRO

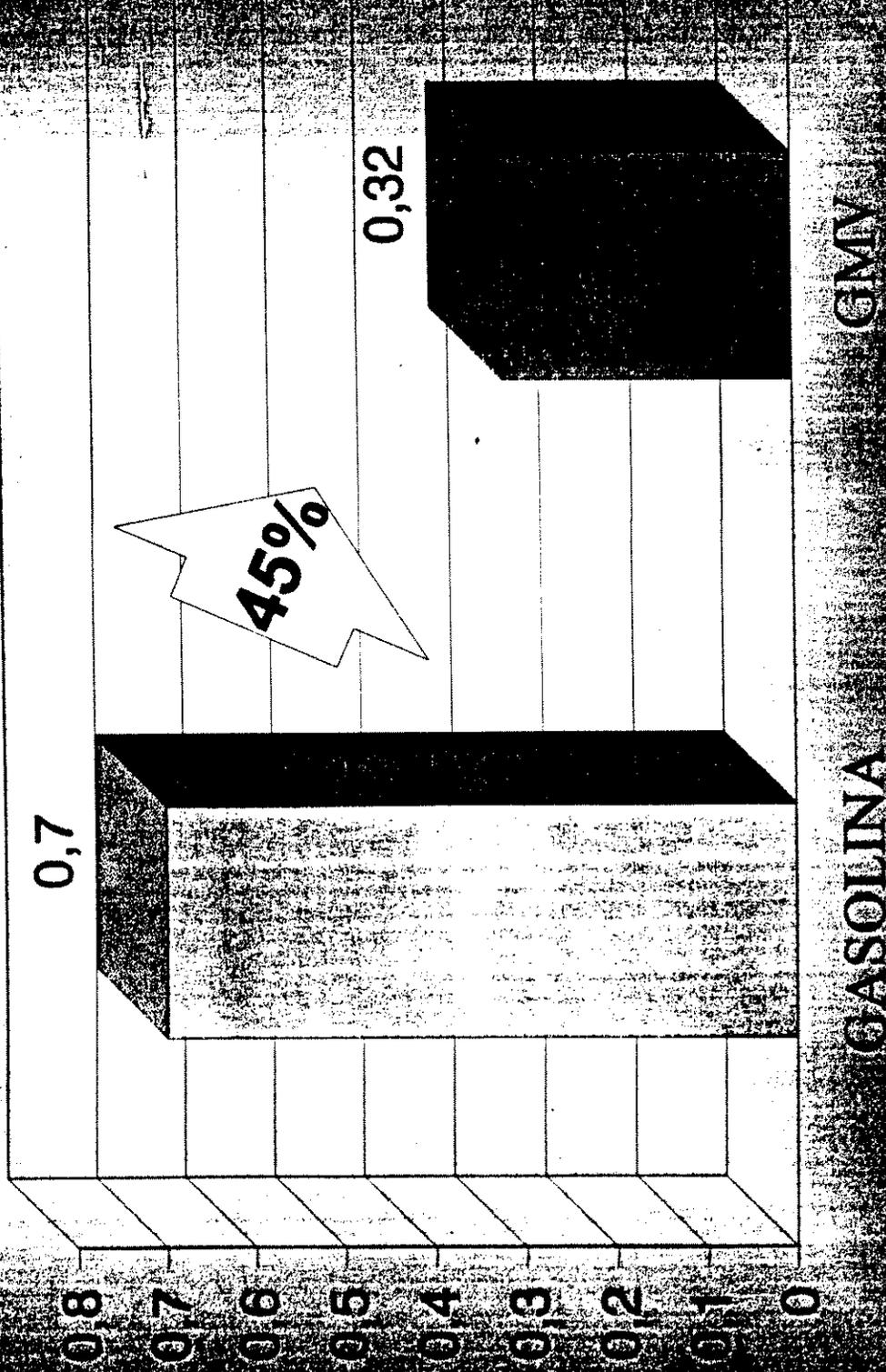
Resolução Municipal 36.140/96: Conversão de todos os veículos da PMSP para GMV

Resolução Municipal 12.140/96: Conversão de todos os ônibus do Município de SP para GMV

Decreto de Lei dos taxis: Conversão de taxis e veículos que circulem com grande intensidade no Município de SP para GMV



CONVERGÁS

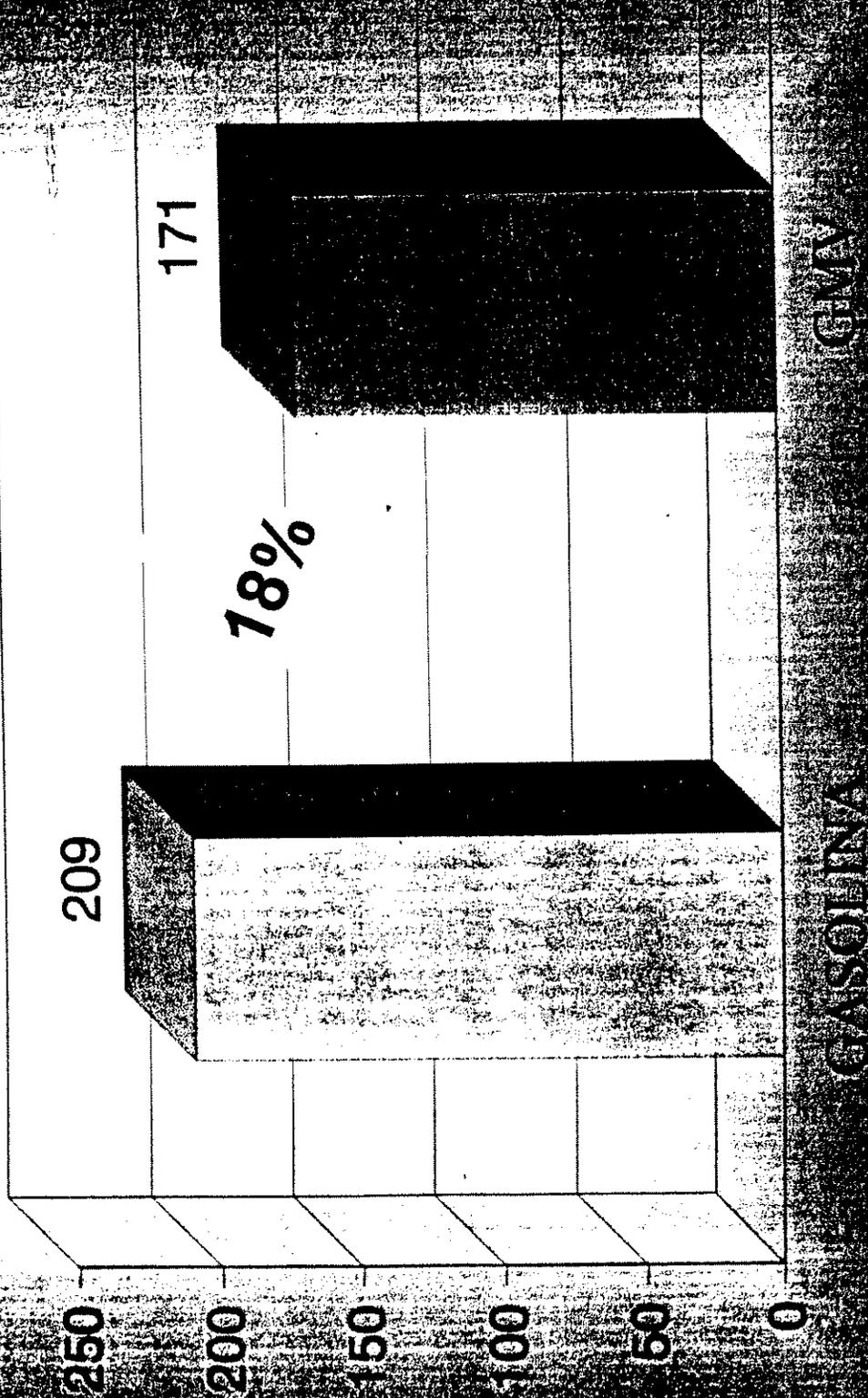


SILEX



CONVERGAS

INDUSTRIAL OIL CO.



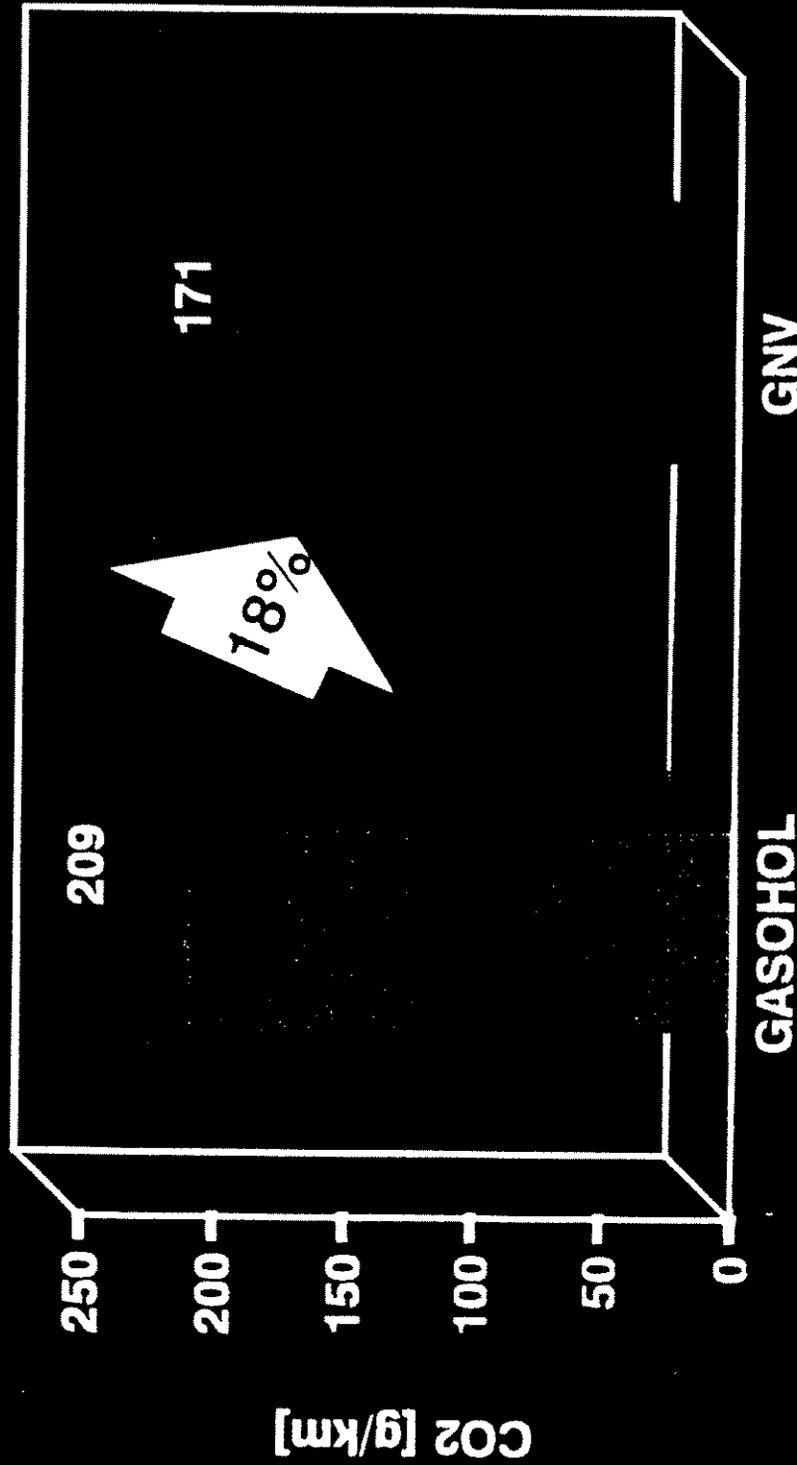
SILEX



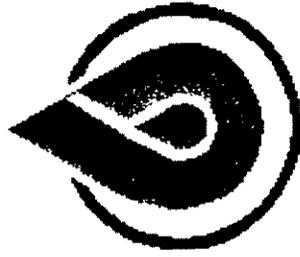
CONVERGÁS

# EMIÇÃO DE CO2

CICLO FTP 75



**SILEX**



**CONVERGÁS**

**Postos : SP e RJ**

- Capacidade atual de abastecimento: 29.500 carros por dia
- N° de carros abastecidos em 96 : 6.600 carros por dia

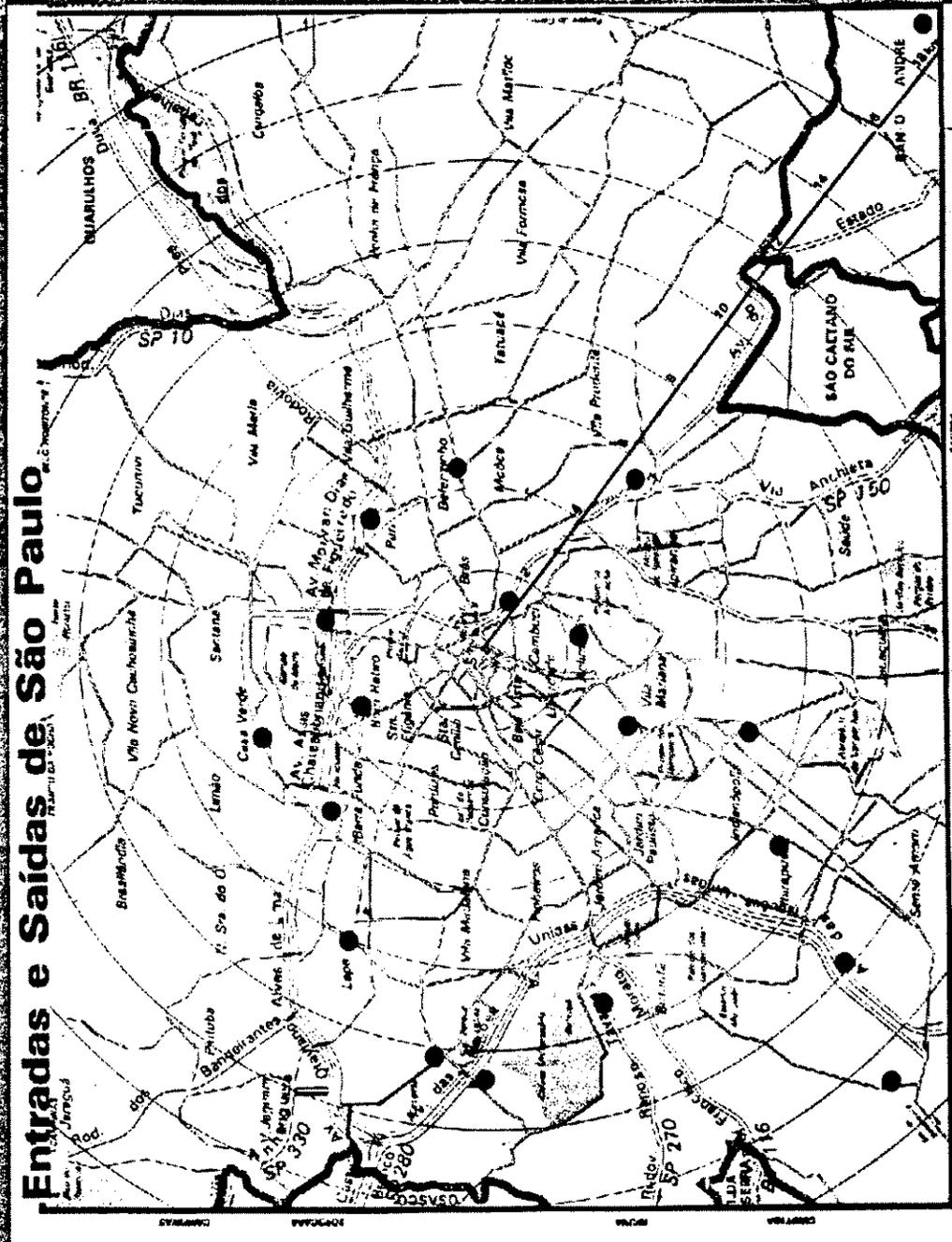
SILEX



CONVERGÁS

# Entradas e Saídas de Abastecimento São Paulo

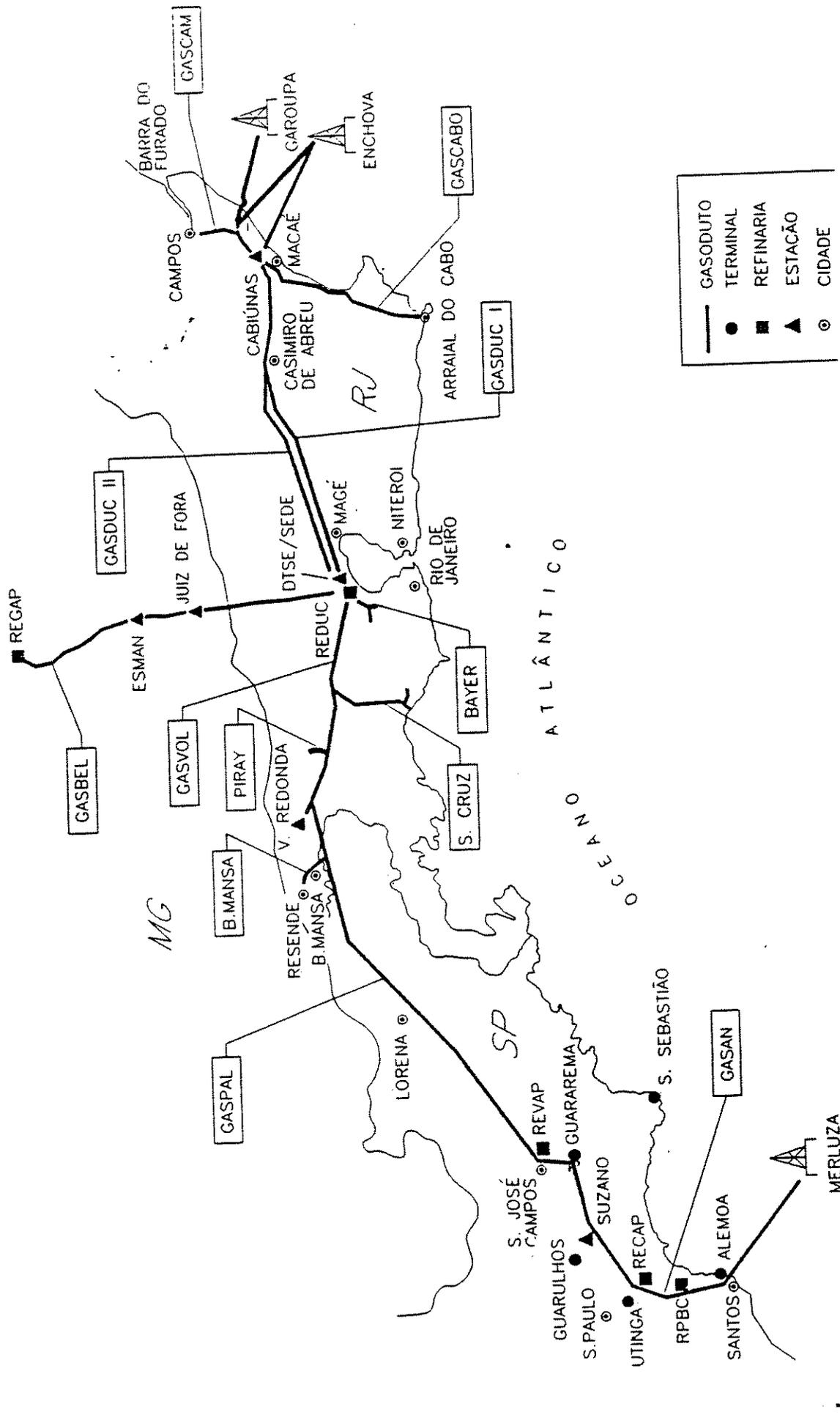
## Entradas e Saídas de São Paulo



Reprodução Proibida - Direitos Reservados

## • Postos de abastecimento

# BR PETROBRAS SISTEMA DE ESCOAMENTO DE GÁS DAS BACIAS DE CAMPOS E SANTOS E SANTOS





UNICAMP

Ilmo. Sr. Diretor Industrial da Usina São João  
São João da Boa Vista, SP

Campinas, 18 de abril de 1997

Prezado Sr.

Agradeço a atenção dispensada por V.Sa. e pelos técnicos desta empresa ao engenheiro Marcelo Carlos Barbeli, que está concluindo sua pesquisa para a tese de Mestrado em Planejamento Energético, realizada sob a minha orientação na Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

A idéia central desta tese é analisar as possibilidades e também as dificuldades de uma maior utilização de combustíveis gasosos nos motores de veículos de transporte rodoviário de cargas e passageiros; com este objetivo, o engenheiro Marcelo está coletando dados técnicos junto à Petrobrás, às distribuidoras de combustíveis e às oficinas de conversão de motores - no caso específico do metano de origem fóssil, ou GNV; e já teve oportunidade de visitar uma vez as instalações da Usina São João e registrar alguns dados técnicos importantes para a referida tese de Mestrado.

Nesta ocasião, solicito de V. Sa. que possa nos prestar um depoimento sobre as vantagens e os problemas atuais da utilização de metano obtido por biodigestão do vinhoto, como substituto do óleo diesel e da gasolina nos diversos tipos de veículos da sua empresa. Gostaríamos também de seus comentários sobre a utilização do próprio etanol, seja como combustível principal seja como aditivo nos motores a gasolina.

Numa das próximas visitas do engenheiro Marcelo, solicito de V. Sa. que receba também um estudante de Engenharia Mecânica, Fernando Pieroni Paiva, que está completando um relatório de Iniciação Científica, também sob minha orientação, sobre uma metodologia de avaliação termodinâmica e ambiental da produção de eletricidade a partir de combustíveis. Um dos casos que selecionamos corresponde a uma Casa de Força de uma usina de açúcar e álcool, alimentada por vapor de caldeira de bagaço e produzindo energia elétrica por meio de turbinas a vapor convencionais e seria de extrema utilidade que o estudante pudesse percorrer a área para se inteirar dos processos e obter alguns dos principais parâmetros de desempenho das caldeiras, turbinas, geradores, condensadores.

Para isto, contamos mais uma vez, com a boa vontade e a compreensão da parte desta empresa, resguardados naturalmente os interesses da Usina São João quanto à divulgação - ou não -, numa tese e num relatório acadêmicos, dos dados técnicos e qualitativos a respeito destas importantes experiências feitas pela Usina, quais sejam: a utilização de seu bagaço para geração de vapor e eletricidade, e a utilização de seu vinhoto para produção de metano utilizado em motores de veículos.

Agradeço de antemão a sua atenção e reafirmo o nosso interesse em contribuir para a melhoria da eficiência energética e ambiental no país e em nossa região, e fico ao seu inteiro dispor para outros esclarecimentos. Atenciosamente, receba minhas cordiais saudações

  
ARSENIO OSWALDO SEVÁ FILHO

Professor Livre - Docente MS-4 Depto. De Energia / Fac.Eng. Mecânica / Unicamp  
fone 019- 239 84 20 ou 84 35 fax 239 37 22



UNICAMP

Ilmo. Sr. Diretor Industrial da Usina São João  
São João da Boa Vista, SP

Campinas, 18 de abril de 1997

Prezado Sr.

Agradeço a atenção dispensada por V.Sa. e pelos técnicos desta empresa ao engenheiro Marcelo Carlos Barbeli, que está concluindo sua pesquisa para a tese de Mestrado em Planejamento Energético, realizada sob a minha orientação na Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

A idéia central desta tese é analisar as possibilidades e também as dificuldades de uma maior utilização de combustíveis gasosos nos motores de veículos de transporte rodoviário de cargas e passageiros; com este objetivo, o engenheiro Marcelo está coletando dados técnicos junto à Petrobrás, às distribuidoras de combustíveis e às oficinas de conversão de motores - no caso específico do metano de origem fóssil, ou GNV; e já teve oportunidade de visitar uma vez as instalações da Usina São João e registrar alguns dados técnicos importantes para a referida tese de Mestrado.

Nesta ocasião, solicito de V. Sa. que possa nos prestar um depoimento sobre as vantagens e os problemas atuais da utilização de metano obtido por biodigestão do vinhoto, como substituto do óleo diesel e da gasolina nos diversos tipos de veículos da sua empresa. Gostaríamos também de seus comentários sobre a utilização do próprio etanol, seja como combustível principal seja como aditivo nos motores a gasolina.

Numa das próximas visitas do engenheiro Marcelo, solicito de V. Sa. que receba também um estudante de Engenharia Mecânica, Fernando Pieroni Paiva, que está completando um relatório de Iniciação Científica, também sob minha orientação, sobre uma metodologia de avaliação termodinâmica e ambiental da produção de eletricidade a partir de combustíveis. Um dos casos que selecionamos corresponde a uma Casa de Força de uma usina de açúcar e álcool, alimentada por vapor de caldeira de bagaço e produzindo energia elétrica por meio de turbinas a vapor convencionais e seria de extrema utilidade que o estudante pudesse percorrer a área para se inteirar dos processos e obter alguns dos principais parâmetros de desempenho das caldeiras, turbinas, geradores, condensadores.

Para isto, contamos mais uma vez, com a boa vontade e a compreensão da parte desta empresa, resguardados naturalmente os interesses da Usina São João quanto à divulgação - ou não -, numa tese e num relatório acadêmicos, dos dados técnicos e qualitativos a respeito destas importantes experiências feitas pela Usina, quais sejam: a utilização de seu bagaço para geração de vapor e eletricidade, e a utilização de seu vinhoto para produção de metano utilizado em motores de veículos.

Agradeço de antemão a sua atenção e reafirmo o nosso interesse em contribuir para a melhoria da eficiência energética e ambiental no país e em nossa região, e fico ao seu inteiro dispor para outros esclarecimentos. Atenciosamente, receba minhas cordiais saudações

  
ARSENIO OSWALDO SEVA FILHO

Professor Livre - Docente MS-4 Depto. De Energia / Fac.Eng. Mecânica / Unicamp  
fone 019- 239 84 20 ou 84 35 fax 239 37 22



UNICAMP

Campinas, 17 de Abril de 1997

Prezado Sr. Antonio Bermudo  
Empresa SILEX-CONVERGAS fax 019- 876 63 19  
Rua Julio Pallaro num 165  
Vinhedo- SP CEP 13280.000

Conforme entendimento prévio entre V.Sa. e o engenheiro mecânico Marcelo Carlos Barbeli, que desenvolve sua tese de Mestrado na área de Planejamento Energético da Unicamp sob a minha orientação, estamos solicitando sua compreensão no sentido de subsidiar a pesquisa, nos seguintes pontos:

a. O tema geral da pesquisa é a utilização de combustíveis gasosos em motores de veículos, e estão sendo levantadas principais possibilidades do GNV e do metano obtido da biodigestão de vinhoto, bem como as dificuldades que vêm sendo encontradas nos anos mais recentes para a ampliação deste uso. Gostaríamos de contar com um breve depoimento de V.Sa. sobre estes tópicos.

b. Já foram levantados dados gerais sobre o metano de biodigestão numa usina de açúcar e álcool em São João da Boa Vista, através de uma visita detalhada às instalações da usina, incluindo as oficinas de manutenção da frota de autos e caminhões com motores a gás. Para o sucesso da nossa metodologia, necessitamos também de uma análise mais acurada dos motores a GNV que já rodam.

c. Assim, solicitamos de V.Sa. que permita ao pesquisador tomar contato com as suas instalações técnicas, acompanhando as fases da conversão dos motores, e registrando alguns dos principais dados técnicos desde que não sejam considerados como segredo industrial. Por exemplo:

- indicadores de consumo, de volume dos reservatórios e de autonomia em km por cada tanque, de alguns tipos de veículos.
- pressões e densidades do gás, nos reservatórios dos postos de abastecimento, no tanque do veículo, nas linhas e válvulas até o carburador.
- influências do uso do gás no desempenho (torque, velocidade) e na durabilidade dos motores e tubulação de escape.



d. Esclareço também que os dados obtidos pelo pesquisador terão uma aplicação exclusivamente no âmbito da tese de Mestrado que está sendo elaborada, e que no corpo da tese, poderá constar - ou não- a referência das fontes de informação, onde foram obtidos, nomes de empresas ou produtos, etc, - isto a depender de um entendimento entre V. Sa. e o eng. Marcelo.

e. Quanto à possibilidade de ser formalizada alguma cooperação, intercâmbio ou convênio entre sua empresa e a Unicamp, informo que isto poderá ser encaminhado através do Departamento de Energia e da Area de pós-graduação em Planejamento Energético da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

Sugiro no entanto que tais providências sejam encaminhadas após a realização do exame de qualificação do eng. Marcelo, marcado para a primeira semana de Junho. De toda forma, seria benvinda uma manifestação inicial do seu interesse nesta cooperação, dirigida ao prof. Douglas Eduardo Zampieri, que é o diretor da Faculdade, no fax (019)- 239 37 22 .

Ficamos ao seu inteiro dispor para quaisquer outros esclarecimentos e desde já agradecemos a sua atenção e contamos com a sua presença na ocasião da defesa da tese de Mestrado, que é uma atividade pública, aberta aos interessados. Atenciosamente, receba minhas saudações

ARSENIO OSWALDO SEVÁ FILHO

Professor Livre Docente MS-4 matricula 15.344-3

Departamento de Energia / Faculdade de Engenharia Mecânica/ Unicamp

fone 019 239 84 35 fax 019 239 37 22