

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**COMBATE A INCÊNDIOS EM VEÍCULOS MOVIDOS A GÁS  
NATURAL VEICULAR (GNV).**

MÁRCIO REINERT

São José  
2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

MÁRCIO REINERT

**COMBATE A INCÊNDIOS EM VEÍCULOS MOVIDOS A GÁS  
NATURAL VEICULAR (GNV).**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão  
de Emergências pela Universidade do Vale de  
Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Prof. Luciano da Silva

Co-orientador: 2º Ten BM Roberto

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

MÁRCIO REINERT

**COMBATE A INCÊNDIOS EM VEÍCULOS MOVIDOS A GÁS  
NATURAL VEICULAR (GNV).**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 18 de junho de 2008.

Prof. Luciano da Silva  
UNIVALI – CE de São José  
Orientador

2º Ten BM Roberto Weingartner  
UNIVALI – CE de São José  
Co-orientador

Cap BM Alexandre Coelho da Silva  
UNIVALI – CE de São José  
Membro

**Dedico este trabalho a minha esposa Erica e  
ao meu querido filho Juninho.**

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos aos professores da Universidade do Vale do Itajaí do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, principalmente ao meu orientador professor Dr. Luciano da Silva pela atenção dedicada, bem como a todos instrutores militares do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

Agradecimento aos meus companheiros de turma: Alcântara, Sommer, Túlio, Grígulo, Ana Paula, Davi, Coste, Diego, Sarte, Cléber, Ivanka, Isabel, Dos Anjos, Lemos, Daniel, Eidt e Pratts pela ajuda prestada nos momentos de dificuldade.

Agradeço também a todos os bombeiros militares, principalmente ao 2º Ten BM Roberto que muito contribuiu para que este trabalho fosse concluído dentro do prazo e com sucesso.

Agradecimento especial aos meus pais Afonso e Maria, minhas irmãs Patrícia e Michela, pelo apoio prestado.

Que Deus abençoe a todos.

“A natureza nos uniu em uma imensa família, e devemos viver nossas vidas unidos, ajudando uns aos outros.”

**Sêneca**

## RESUMO

REINERT, Márcio. **Combate a incêndios em veículos movidos a G.N.V.** 2008. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

O estudo é direcionado ao combate a incêndios em veículos movidos a gás natural veicular. Este assunto é de muita relevância em razão do aumento do número deste tipo de veículo transitando nas ruas. Faz-se necessário estabelecer o modo adequado de extinguir incêndios quando o veículo possuir sistema de alimentação do tipo gás natural veicular, buscando a máxima eficiência e segurança, bem como estabelecer as diferenças no atendimento quando tratar-se de um veículo comum.

Através do trabalho de pesquisa, será apresentado um método eficaz, buscando esclarecer as dúvidas existentes dentre os membros da Corporação, padronizando ações e oferecendo maior proteção e maior eficiência neste tipo de ocorrência.

**Palavras-chave:** Combate a incêndio. Gás natural veicular. Corpo de Bombeiros.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.2	PROBLEMA .....	14
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	Objetivo geral.....	15
1.3.2	Objetivo específico .....	15
1.4	JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2</b>	<b>O GÁS NATURAL .....</b>	<b>16</b>
2.1	O GÁS NATURAL E SUAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS .....	16
2.1	O USO DO GÁS NATURAL NO BRASIL .....	18
2.3	RESERVAS EXISTENTES E OFERTA DO PRODUTO .....	19
2.4	O VEÍCULO MOVIDO A GNV .....	20
2.5	COMPONENTES DE UM KIT GNV .....	22
2.5.1	Cilindro de gás.....	23
2.5.2	Suporte do cilindro .....	24
2.5.2.1	Capacidade de até 100 litros .....	25
2.5.2.2	Capacidade acima de 100 litros .....	26
2.5.3	Válvula de abastecimento .....	26
2.5.4	Válvula de alívio de pressão.....	27
2.5.5	Válvula do cilindro/corte rápido.....	28
2.5.6	Manômetro .....	29
2.5.7	Invólucro estanque (ventilação) .....	29
2.5.8	Eletroválvula de combustível .....	30
2.5.9	Redutor de pressão.....	31
2.5.10	Chave comutadora de combustível .....	32
2.5.11	Misturador/dosador .....	32
2.5.12	Linha de alta pressão .....	33
2.5.13	Simulador de sonda lambda.....	34
2.5.14	Emulador de bicos injetores.....	34
2.5.15	Variador de avanço.....	35
2.6	SEGURANÇA DO GÁS NATURAL VEICULAR.....	36
2.6.1	Conversão do veículo.....	36
2.6.2	Procedimentos ao abastecer .....	37

2.6.3	Manutenção básica.....	37
<b>3</b>	<b>COMBATE A INCÊNDIOS EM VEÍCULOS COM GNV.....</b>	<b>41</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE O FOGO.....	41
3.1.1	Conceito de fogo.....	43
3.1.2	Elementos do fogo.....	43
3.1.3	Conceitos fundamentais relativos ao fogo.....	45
3.1.3.1	Ponto de fulgor.....	45
3.1.3.2	Ponto de combustão.....	45
3.1.3.3	Ponto de ignição.....	45
3.1.3.4	Limite inferior de inflamabilidade.....	46
3.1.3.5	Limite superior de inflamabilidade.....	46
3.1.3.6	Faixas ou limites de inflamabilidade.....	46
3.1.4	Classificação dos incêndios.....	47
3.1.5	Métodos de extinção dos incêndios.....	47
3.1.6	Formas de transferência de calor.....	48
3.1.6.1	Condução.....	48
3.1.6.2	Convecção.....	49
3.1.6.3	Radiação.....	49
3.2	COMBATE AO INCÊNDIO PELO CORPO DE BOMBEIROS.....	49
3.2.1	Estacionamento da viatura.....	50
3.2.2	Conceito de BLEVE.....	54
3.2.3	Isolamento da área.....	55
3.2.4	Posicionamento do cilindro no veículo.....	55
3.2.5	Técnicas de combate ao incêndio.....	56
3.2.5.1	Princípio de incêndio.....	57
3.2.5.2	Incêndio em andamento.....	57
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

**ABGNV** – Associação Brasileira do gás natural veicular

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BLEVE** – Boiling liquid expanded vapor explosion  
( Explosão de vapor expandido de líquido em ebulição)

**BM** – Bombeiro Militar

**CBMSC** – Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina

**CLT** – Consolidação das Leis de Trabalho

**CTGÁS** – Centro de tecnologia do gás

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual

**EPR** – Equipamento de Proteção Respiratório

**GLP** - Gás liquefeito do petróleo

**GNV** – Gás natural veicular

**IBP** – Instituto brasileiro de petróleo e gás

**IFSTA** - International Fire Service Training Association

**INMETRO** – Instituto nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial

**LII** – Limite inferior de inflamabilidade

**LSI** – Limite superior de inflamabilidade

**NBR** – Norma Brasileira de Regulamentação

**NFPA** – National Fire Protection Association

**OBM** – Organização de Bombeiro Militar

**S.I.** – Sistema Internacional

**UNIVALI** – Universidade do Vale do Itajaí

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA GNV NO VEÍCULO .....	22
FIGURA 2 – SUPORTE DO CILÍNDRO.....	24
FIGURA 3 – DISTÂNCIA SEGURA.....	52
FIGURA 4 – BOMBEIRO EQUIPADO COM EPI E EPR .....	58

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – CILÍNDRIO DE GÁS .....	23
FOTO 2 – VÁLVULA DE ABASTECIMENTO .....	26
FOTO 3 – VÁLVULA DE ALÍVIO E PRESSÃO .....	27
FOTO 4 – VÁLVULA DO CILÍNDRIO/CORTE RÁPIDO .....	28
FOTO 5 – MANÔMETRO .....	29
FOTO 6 – INVÓLUCRO ESTANQUE (VENTILAÇÃO) .....	29
FOTO 7 – ELETROVÁLVULA DE GASOLINA .....	30
FOTO 8 – REDUTOR DE PRESSÃO .....	31
FOTO 9 – CHAVE COMUTADORA DE COMBUSTÍVEL .....	32
FOTO 10 – MISTURADOR/DOSADOR .....	32
FOTO 11 – LINHA DE ALTA PRESSÃO .....	33
FOTO 12 – SIMULADOR DE Sonda LAMBDA.....	34
FOTO 13 – EMULADOR DE BICOS INJETORES .....	34
FOTO 14 – VARIADOR DE AVANÇO.....	35
FOTO 15 – ACIDENTE EM CURITIBA .....	38
FOTO 16 – ESTACIONAMENTO INSEGURO .....	53
FOTO 17 – CORTE DA VÁLVULA DE GNV .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

A história dos veículos pode ser considerada como uma prova do processo evolutivo do ser humano. Da invenção da roda ao lançamento dos carros mais modernos, muitas inovações foram utilizadas e passaram a fazer parte dos automóveis. Talvez uma das mais importantes foi a adoção de motores de combustão interna, bastante antigo, inventado pelo belga Jean Joseph Étienne Lenoir em 1860, e que é utilizado até hoje.

A utilização dos veículos automotores, especialmente movidos a combustão interna de combustíveis fósseis e de origem orgânica, pode ser considerado o meio de transporte mais comum dos dias atuais.

No Brasil, por muito tempo predominou a utilização do óleo diesel e da gasolina como principais fontes de energia e principais combustíveis que movimentavam a frota nacional. Nesta época a produção nacional de petróleo era insuficiente para atender a demanda interna, sendo em sua maior parte importado. Em meados da década de setenta, o Brasil lançando-se na aventura da criação de um combustível alternativo e motivado pela crise do petróleo, iniciada em 1974, embarca no projeto Proálcool.

A comercialização de veículos movidos a este novo combustível teve um início bastante complicado em razão da tecnologia ainda estar em desenvolvimento, o que resultou em alguns problemas de funcionamento, principalmente em regiões de clima frio, particularmente no sul do país. Outro fator a ser considerado era a desconfiança quanto à oferta deste combustível, que dependia de boas safras de cana-de-açúcar, ocasionando oscilações de preço bastante consideráveis.

Passadas as turbulências geradas pela implantação de uma nova tecnologia, o álcool hidratado, faz parte do dia-a-dia do brasileiro, gozando de grande aceitação e credibilidade. Esta confiança decorre do avanço tecnológico dos carros movidos a álcool, que teve os problemas de funcionamento resolvidos, inclusive apresentando algumas vantagens em relação aos movidos à gasolina, como maior potência, por exemplo.

Atualmente os veículos nacionais contam com um diferencial inovador: o carro flex ou bi-

combustível. Esta tecnologia faz com que o veículo possa ser abastecido com álcool e gasolina misturados em qualquer proporção, funcionando perfeitamente. Desta forma o grande atrativo é a possibilidade de utilizar o combustível que apresentar a maior vantagem econômica. Outro fator a ser considerado é que o uso do álcool hidratado resulta em índices de poluição menores quando comparados com a combustão da gasolina.

Em se tratando de combustível alternativo, pode-se dizer que o país está novamente experimentando um novo tipo. Trata-se do gás natural veicular. Este hidrocarboneto tem se apresentado como uma nova modalidade de combustível que concorre com o álcool e a gasolina, com o apelo de ter preços mais competitivos, baixos níveis de poluentes após a combustão e grandes reservas disponíveis.

Atualmente o número de conversões de veículos para atuar também com o gás natural veicular é consideravelmente alto e a frota destes veículos vem aumentando bastante. O Rio de Janeiro é o estado brasileiro que possui a maior frota de veículos movidos a gás natural veicular, seguido pelo estado de São Paulo. Em Santa Catarina este número também vem aumentando consideravelmente e a perspectiva é que até 2010 tenha um incremento significativo de veículos movidos a gás natural veicular transitando nas estradas catarinenses (PETROBRÁS,2008).

Algumas montadoras atentas a este crescente mercado, já disponibilizaram alguns de seus modelos saindo de fábrica com a opção de ser movido também a gás natural veicular, além do motor já contar com a tecnologia de ser bi-combustível.

Em abril de 2008, o estado de Santa Catarina contava com 1.771.708 automóveis e camionetas licenciados, dos quais 74.347 eram movidos a gás natural veicular (DETRAN/SC,2008).

## 1.2 PROBLEMA

Qual risco, em caso de incêndio, um veículo movido a gás natural veicular pode apresentar? Qual a forma mais adequada de combater um incêndio em veículos movidos a gás natural veicular? O que difere o combate a incêndio em um veículo movido a gasolina/álcool de um veículo movido a gás natural veicular?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Identificar quais os riscos apresentados pelos veículos movidos a gás natural veicular em caso de incêndio, estabelecendo qual a forma de combate mais adequada, potencializando os fatores segurança e eficiência.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Conhecer as características físico-químicas do gás natural veicular e as particularidades do funcionamento dos veículos movidos a este combustível.

Aperfeiçoar as ações executadas pelas guarnições de combate a incêndios da corporação.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O combate a incêndios, atividade que deu origem à instituição, é realizado baseado em diretrizes que definem os procedimentos a serem adotados em cada tipo de incêndio. Este documento, chamado Procedimento Operacional Padrão, visa orientar as guarnições de combate a incêndio para que haja uma padronização no atendimento deste tipo de ocorrência. O objetivo desta padronização tem seu fundamento baseado em que as ações sigam um roteiro específico necessário, evitando que se deixe de efetuar procedimentos indispensáveis. O uso do gás natural veicular é de certo modo recente, comparado aos outros combustíveis, porém vem crescendo muito. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina não possui um Procedimento Operacional Padrão para atendimentos de incêndios em veículos movidos a gás natural veicular. Este trabalho poderá servir de subsídios para auxiliar a corporação na confecção desse Procedimento Operacional Padrão.

## **2 O GÁS NATURAL**

### **2.1 O GÁS NATURAL E SUAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

De acordo com Alonso, na tese da origem orgânica dos hidrocarbonetos, organismos aquáticos das bacias marinhas ou lacustres, vegetais carregados pelas correntes fluviais, microorganismos que se encontravam nos sedimentos depositados, todo esse material acumulado ao longo dos milênios em certas situações geológicas, acabou por rearrumar-se numa espécie de hidrocarboneto primordial, o querogêneo, o qual foi transformado progressivamente, devido às condições de pressão e temperatura crescentes, até dar origem ao metano seco; este processo retrata a origem do petróleo. Quanto ao gás natural, não é possível uma determinação precisa de sua origem, uma vez que nele encontram-se também gases naturais de origem bioquímica (CTGAS,2008).

Segundo a PETROBRÁS (sd), o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, em condições normais de pressão e temperatura, permanece no estado gasoso. Na natureza, ele é encontrado em acumulações de rochas porosas no subsolo terrestre, como também no subsolo marinho, e em geral é comum que ocorra acompanhado de petróleo.

O gás natural pode ser classificado em duas categorias distintas: associado e não associado. O gás associado é aquele que, ainda no reservatório, encontra-se em companhia do petróleo, estando dissolvido no óleo ou sob forma de uma capa de gás, isto é, uma parte superior da acumulação rochosa, onde a concentração de gás é superior à concentração de outros fluídos como água e óleo.

O gás não associado é aquele que, no reservatório, está livre do óleo ou este se encontra em concentrações muito baixas. Na acumulação rochosa porosa, a concentração de gás é predominante, permitindo a produção basicamente de gás. No Brasil podem ser encontrados ambos os tipos de Gás Natural.

## Propriedades físicas aproximadas do gás natural

Propriedades	Valores
Poder calorífico superior, 1 atm 20°C	9.400 Kcal/m <sup>3</sup>
Limite de inflamabilidade	Entre 5 a 15%
Temperatura de ignição espontânea	540°C
Velocidade de chama	34cm/s
Temperatura de chama com ar	1.920°C
Temperatura de chama com o oxigênio	2700°C
Densidade relativa ao ar	0,6246

Fonte: PETROBRÁS S/A

Ressaltando que na natureza, o gás natural pode aparecer associado ao petróleo, onde forma uma câmara de pressão acima da superfície de líquido, ajudando a elevação do petróleo até a superfície.

Nestas condições, o gás sai juntamente com o óleo. Então, passa por um separador e, ou é conduzido para o consumo, ou é re-injetado para auxiliar a extração do petróleo.

A forma física do hidrocarboneto depende do número de átomos de carbono presentes na estrutura molecular. Até quatro átomos em cada molécula, este se apresenta na forma gasosa, constituindo o gás natural, que é uma mistura de metano, etano, propano e butano. Entre cinco e vinte átomos de carbono por molécula, o hidrocarboneto se apresenta na forma líquida, constituindo o petróleo bruto. Acima deste valor, o estado é sólido, formando os diversos tipos de carvão. Quando há predominância dos gases propano e butano na mistura e estes são acondicionados em botijões sujeitos a pressões ligeiramente acima da pressão atmosférica, esta mistura é conhecida como gás liquefeito de petróleo (GLP). Reduzindo a temperatura do gás natural até seu ponto de condensação (-162°C), a uma pressão pouco acima da pressão atmosférica, seu volume se reduz em 600 vezes, permitindo o seu armazenamento em grandes reservatórios isolados termicamente para estocagem e transporte. Nesta situação ele é conhecido como gás natural liquefeito (GNL), o que permite o transporte em grandes navios metaneiros, fabricados para este fim, que possuem reservatórios esféricos revestidos com isolamento térmico.

Tratando-se de uma mistura de hidrocarbonetos, entre os quais prevalece o gás metano, a queima do gás natural faz-se com relativa facilidade, proporcionando um elevado grau de aproveitamento e reduzida emissão de poluentes. (IPIRANGA,2008 e WILLE,2008).

## **2.2 O USO DO GÁS NATURAL NO BRASIL**

Segundo Colombo Filho, diretor executivo da Associação Brasileira do Gás Natural Veicular, há de se considerar que o Programa Brasileiro do Gás Natural Veicular está em franco desenvolvimento e atravessando fundamental período de amadurecimento, seja pela implantação de normas reguladoras, pela expansão contínua da frota nacional e pelos enormes investimentos em distribuição, comercialização e implantação de novas ou modernização das plantas industriais sediadas no País. (ABGNV,2008).

De acordo com estudos realizados pela Fundação Getúlio Vargas, em parcerias com a Associação Brasileira do Gás Natural Veicular e o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), considerando-se apenas as vendas de GNV e de equipamentos para postos de abastecimento e conversões de veículos, haverá uma movimentação anual de recursos nos próximos dois a três anos da ordem de R\$ 4 bilhões e R\$ 4,5 bilhões.(Fundação Getúlio Vargas,2008).

Somente a Petrobrás estima seus investimentos em um bilhão de dólares até o final de 2008, e cujo projeto inclui a criação de uma linha denominada “gasoduto virtual”, levando o gás em carretas feixes a pontos que intercalem o fornecimento em postos de abastecimento já atendidos por gasodutos. Maneira pela qual a distribuição logística será abrangente do ponto de vista à inserção da maior malha rodoviária possível, seja em centros urbanos e nas ligações entre os mesmos, nos 15 Estados, ora atendidos pelo Gás Natural, além da difusão e penetração em outros estados como Goiás, Mato Grosso e Brasília. Estes agentes econômicos geram efetiva arrecadação fiscal, que vale mencionar, fundamentados na distribuição de um combustível não adulterável e de difícil possibilidade de sonegação fiscal, como ocorre com combustíveis líquidos em geral.

De acordo com a PETROBRÁS, a cadeia produtiva é responsável por cerca de 60 mil empregos e com a evolução da frota nacional, postos de abastecimentos e redes de distribuição podemos chegar ao final de 2008 com cerca de 100 mil empregos diretos. Com as recentes descobertas na Bacia de Santos, o Brasil obterá maior e mais significativa sobra de gás, faltando estrutura de produção e distribuição. Com reservas confirmadas de 650 bilhões de metros cúbicos de gás, além da administração, pela Petrobrás de outros 640 bilhões de m<sup>3</sup> na Bolívia, a expectativa é de que a participação do gás natural aumente de 3% para 12% até 2010 em nossa matriz energética (PETROBRÁS,2008).

O uso do GNV, cujos atributos envolvem a otimização do uso na frota já existente, reduzindo naturalmente o custo do quilometro rodado e em substituição a combustíveis líquidos, em especial o diesel cujo consumo nacional requer 15% de importações. Da mesma forma, o uso do gás em substituição ao GLP também produziria implicitamente a redução de importação deste combustível (PETROBRÁS,2008).

Neste quadro, e ainda sem o necessário fomento de nossas autoridades, o uso do GNV desponta extraordinariamente como o segmento do maior crescimento dentre os passíveis de utilização a curtíssimo prazo (PETROBRÁS,2008).

### **2.3 RESERVAS EXISTENTES E OFERTA DO PRODUTO**

Segundo o Ministério de Minas e Energia, o Brasil não é auto-suficiente quando o assunto é Gás Natural, porém com a descoberta do campo de Tupi, na bacia de Santos, litoral paulista, caminha a passos largos para esta condição. Atualmente o abastecimento deste produto no mercado interno se dá além da produção nacional, de um incremento bastante considerável, proveniente da Bolívia (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA,2008).

O secretário de Petróleo e Gás do Ministério de Minas e Energia, João José de Nora Souto, e o gerente-geral de Operação de Logística de Gás Natural da Petrobras, Sérgio Abramant Guerbatin, destacaram as ações do governo para garantir uma oferta capaz de atender à demanda de gás natural no país, que deverá passar da média atual de 70,6 milhões de m<sup>3</sup>/dia para 134 milhões de m<sup>3</sup>/dia em 2012. Para chegar a essa oferta, o País deverá aumentar a sua produção de 40,4 milhões para 72,9 milhões de m<sup>3</sup>/dia . Segundo Souto , o Brasil tem uma situação privilegiada em relação ao gás natural, em razão do grande potencial de novas

descobertas de reservas, onde atualmente há comprovados 650 bilhões de metros cúbicos de gás natural. Acrescentou ainda, que a Petrobras decidiu acelerar a produção antecipando de 2010 para 2008 a operação de campos recentemente descobertos. Além disso, o Ministério de Minas e Energia vem atuando para oferecer blocos de alto potencial para gás natural nas rodadas de licitação de blocos exploratórios (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA,2008).

Souto e Guerbatin destacaram que o governo vem investindo não apenas no aumento da produção, mas também na estrutura de transporte para que o produto chegue ao consumidor final. A malha de gasodutos deverá ter um investimento de R\$ 6,6 bilhões até 2021 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA,2008).

Em relação ao gás importado da Bolívia, Guerbatin garantiu que aquele país vem dando prioridade ao contrato de fornecimento firmado com o Brasil. "É a segunda prioridade da Bolívia, após o mercado interno" (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA,2008).

## **2.4 O VEÍCULO MOVIDO A GNV**

São muitas as vantagens da utilização do GNV, tanto ecológicas quanto financeiras. Enquanto as grandes cidades sofrem com altos índices de poluição atmosférica, em grande parte causada por veículos movidos a gasolina e diesel, a emissão de poluentes na combustão do GNV apresenta uma redução bastante considerável. A economia para o proprietário do veículo convertido fica entre 30% e 40% a cada abastecimento, quando comparado ao álcool e a gasolina.

Além disso, testes realizados no dinamômetro instalado na Oficina-Escola Convertedora do CTGÁS, certificada pelo INMETRO, constataram uma redução mínima no desempenho do veículo, sem haver nenhuma alteração no patamar tecnológico original do mesmo.

A queima do gás natural é muito mais completa do que a queima da gasolina, do álcool e do diesel e em razão disso os veículos movidos a gás natural emitem menos poluentes.

Usando o gás natural, além de economizar em combustível, há economia na manutenção do veículo. Observa-se as seguintes vantagens:

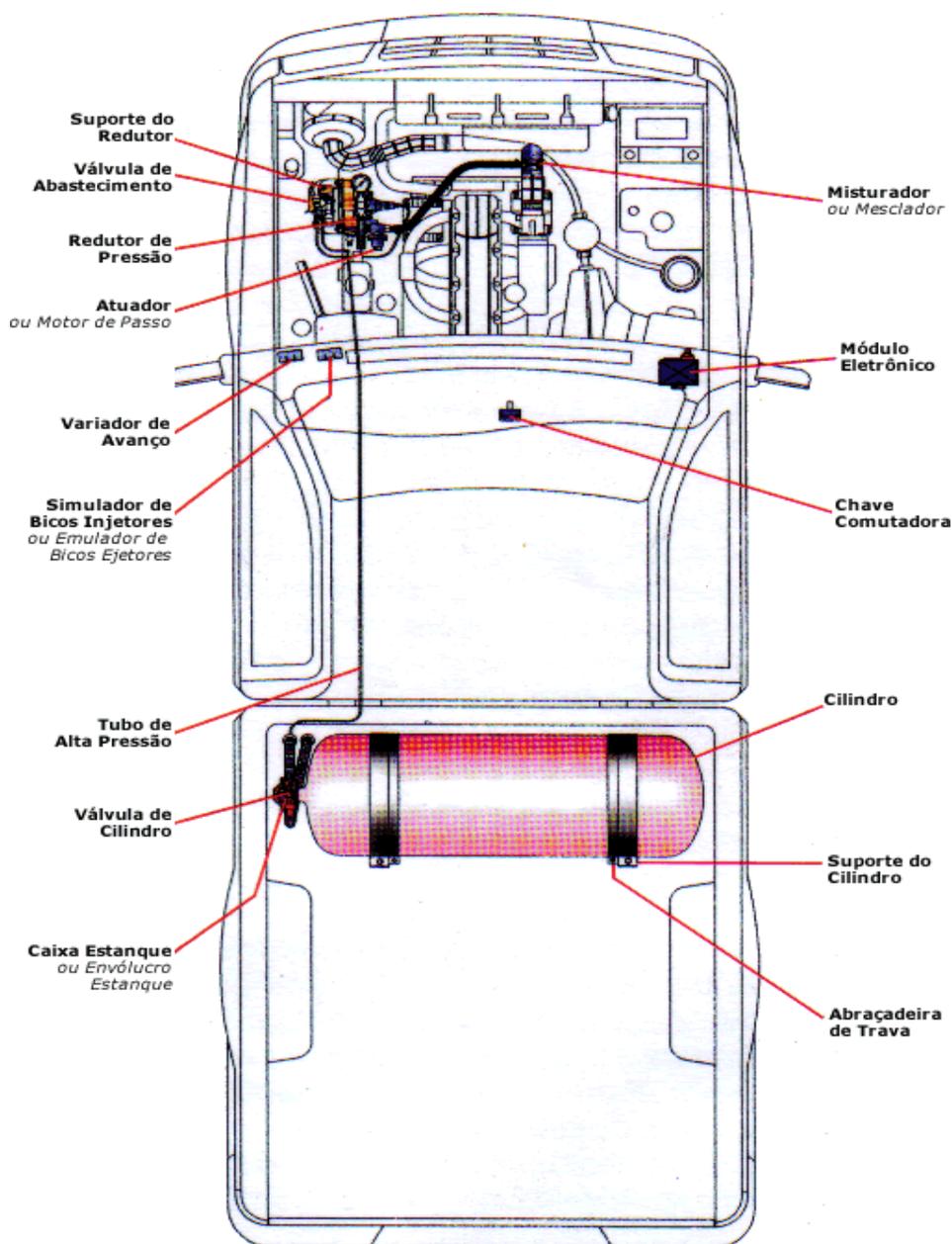
- Menor preço comparado aos demais combustíveis;
- Proporciona maior rendimento, sendo que com um metro cúbico de GNV é possível rodar mais quilômetros do que com um litro de gasolina ou álcool ;
- É um combustível seco e por isso não dilui o óleo lubrificante no motor do veículo;
- Sua queima não provoca depósito de carbono nas partes internas do motor, aumentando sua vida útil e o intervalo entre trocas de óleo;
- Economia total de mais de 70% nos gastos com o veículo;
- Menor frequência na troca do escapamento do veículo, pois a queima do gás natural não provoca a formação de compostos de enxofre, diminuindo a corrosão.

Em se tratando de segurança pode-se afirmar que o gás natural é muito mais seguro do que os demais combustíveis. Sendo mais leve que o ar, em caso de vazamentos, o gás se dissipa rapidamente na atmosfera, diminuindo o risco de explosões e incêndios. Além disso, para que o gás natural se inflame, é preciso que seja submetido a uma temperatura superior a 540 graus Celcius (aproximadamente). Como comparativo observa-se que o álcool se inflama a 200° C e a gasolina a 300° C. (IBP,2008)

O abastecimento do veículo é feito sem que o produto entre em contato com o ar, evitando-se assim qualquer possibilidade de combustão. Além disso, os cilindros e demais componentes do kit de conversão carregados no veículo são projetados para suportar a alta pressão em que o gás é armazenado. (IBP, 2008)

## 2.5 COMPONENTES DE UM KIT GNV

FIGURA1: Esquema GNV no veículo



### 2.5.1 Cilindro de Gás

Foto 01: Cilindros de GNV



Fonte: Polipec S/A

"O cilindro é a parte mais sensível da instalação de GNV. A segurança é fundamental nessa peça porque ali o gás fica armazenado a alta pressão", (INMETRO, 2008).

· Características - Recipiente destinado ao armazenamento de GNV. Possui uma coloração Rosa Seco (NBR 12.176). Em uma das calotas deve conter as seguintes marcações:

- Norma de fabricação;
- Pressão de serviço: 200 bar;
- Nome do fabricante;
- Número do cilindro;
- Capacidade volumétrica;
- Tara;
- Tipo de material;
- Etiqueta de identificação;
- Nome, fórmula química ou símbolo que identifique o GNV;
- Pressão máxima de trabalho: 220 bar (204 kgf/cm<sup>2</sup> ou 2.900 lb/in<sup>2</sup>);

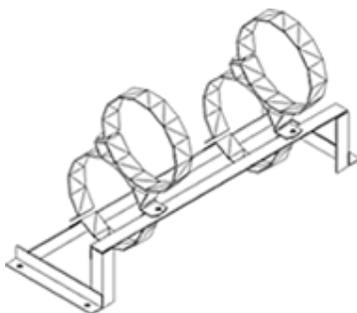
- Volume líquido;
- Data do ensaio hidrostático;
- Data de reteste (a cada cinco anos);
- Data de rotação (135 graus em relação a posição atual a cada três anos);

O volume efetivo do cilindro de gás dependerá das seguintes condições:

- Temperatura: 21 graus Celcius;
- Pressão: 200 bar
- Modificando estas condições, o volume do cilindro será alterado.
- Instalação - seu posicionamento deve ser em local protegido, de forma a minimizar danos, em colisão, e ventilado caso ocorra vazamento, bem como reduzir os efeitos de corrosão decorrentes da ação do tempo.
- Sua fixação no veículo, deve ser feita por meio de suporte sem a utilização de solda.

### 2.5.2 Suporte do Cilindro

Figura 02: Suporte dos cilindros



Fonte: Roma S/A

- Características - Estrutura metálica ou de resistência similar, cuja finalidade é fixar/sustentar rigidamente o cilindro ao chassi ou à carroceria do veículo.

Vários cilindros podem ser agrupados em uma única estrutura, desde que atendam a solicitação mecânica necessária.

- Instalação - quando o cilindro estiver montado no sentido longitudinal do veículo, se torna necessária a utilização de batentes;

- Tubos, válvulas e conexões, não podem ser submetidos a esforços de sustentação.

- As abraçadeiras devem ser revestidas de material plástico e fixadas por meio de parafusos classe 8.8 e porcas extremamente rígidas.

- Para veículos cuja capacidade de carga seja de até 1.500 kg, o suporte deve ser dimensionado para resistir a esforços estáticos de até 8 (oito) vezes a massa do cilindro, abastecido de GNV, em qualquer direção. Acima desta capacidade de carga, o valor será de 4 (quatro) vezes. Caso um teste físico ou memorial de cálculo não seja possível de acordo com a capacidade hidráulica do cilindro, o dimensionamento deve ser o seguinte:

#### **2.5.2.1 Capacidade de até 100 litros:**

- Número de caixas: 02

- Material: ASTM A 36 ou material com resistência similar

- Sessão mínima: 3 x 30 mm

- Furação: 12 mm de diâmetro

- Parafuso: 10 mm de diâmetro (classe 8.8)

### 2.5.2.2 Capacidade acima de 100 litros:

- Número de caixas: 02
- Material: ASTM A 36 ou material com resistência similar
- Sessão mínima: 6 x 50 mm
- Furação: 14 mm de diâmetro
- Parafuso: 12 mm de diâmetro (classe 8.8)

### 2.5.3 Válvula de Abastecimento

Foto 02: Válvula de abastecimento



Fonte: Roma S/A

- Características - componente destinado ao suprimento de gás do veículo, pode ter um dispositivo de corte, com a indicação aberta/fechada.
- Deve ser constituída de um engate rápido, e de dispositivos de alívio e retenção.
- Instalação - deve ser rigidamente fixada ao veículo, em local apropriado, dentro do compartimento do motor, protegido e ventilado, com fácil acesso, e com identificação do tipo de gás e da pressão máxima de carga.

- Deve ser instalada, a pelo menos 300 mm do ponto de aterramento, dos pólos da bateria, do sistema de ignição e do alternador. Caso não seja possível, a mesma deve estar protegida.
- Caso seja necessário, proteger adequadamente a mesma, quanto a choques de objetos externos e quanto à proximidade do sistema de exaustão dos gases de combustão.

#### 2.5.4 Válvula de Alívio de Pressão

Foto 03: Válvula de alívio de pressão



Fonte: Roma S/A

- Características - componente destinado a prevenir a ocorrência de pressão, acima da de ensaio hidrostático do cilindro.
- O cilindro deve estar equipado com válvula de alívio de pressão, para prevenir durante o reabastecimento ou em caso de incêndio a ocorrência de pressões acima da pressão de ensaio do cilindro.
- Instalação - esta válvula deve ser instalada na válvula do cilindro, lacrada e, regulada e identificada para operar a uma pressão de:  
  
pressão de ajuste: 26,0 MPa

pressão de regime: 28,0 MPa

pressão de fechamento: 24,0 MPa

### 2.5.5 Válvula do Cilindro / Corte Rápido

Foto 04: Válvula do cilindro



Fonte: Roma S/A

- Características - deve ser de acionamento rápido, manual e ter identificações das posições aberta/fechada.
- Dotada de dispositivo de segurança para excesso de fluxo de pressão. Funciona como válvula diferencial de pressão, mantida aberta pela ação da mola que está calibrada de modo a permitir que saia do reservatório apenas a quantidade necessária de gás para alimentar o motor. Caso ocorra rompimento no circuito, a diferença de pressão vencerá a pressão da mola que fecha a válvula de excesso de fluxo.
- Dotada também de dispositivo de alívio de pressão, se a pressão no reservatório ultrapassar 280 bar, a resistência da mola é vencida e a válvula de alívio se abre eliminando o excesso de pressão.
- Instalação - rosqueada ao gargalo do cilindro, tendo pelo menos sete filetes de rosca (19,05 mm) para dentro do mesmo. A instalação deve ser feita com auxílio de um torquímetro, verificando-se o momento de aperto da válvula, que deve ser de no mínimo 150 Nm.

### 2.5.6 Manômetro

Foto 05: Manômetro



Fonte: Roma S/A

- Características - Componente destinado a indicar a pressão do gás no cilindro.
- Instalação - Deve estar em local bem visível e instalado na entrada do redutor de pressão, e o mais afastado de local com alta temperatura.

### 2.5.7 Invólucro Estanque (ventilação)

Foto 06: Invólucro estanque



Fonte: Redegasenergia S/A

- Características - Componente que envolve a válvula do cilindro e outros componentes, cuja finalidade é de direcionar eventuais vazamentos de gás, para a atmosfera.

- Instalação - Deve estar instalado em todos os pontos que necessitem direcionar eventuais vazamentos e descargas de gás, para a atmosfera evitando assim gás natural no interior do veículo.

### 2.5.8 Eletroválvula de Combustível

Foto 07: Eletroválvula de combustível



Fonte: Roma S/A

- Características - Esta válvula é utilizada apenas em carros carburados, ela interrompe o fluxo de gasolina quando o motor se alimenta com gás. Caso ocorra defeito no eletroímã, pode-se abrir a válvula manualmente, girando o registro (localizado na parte inferior da Eletroválvula) no sentido horário.
- Instalação - Deve estar o mais próximo possível da bomba de combustível, e fixada rigidamente ao chassi do veículo, protegida contra choques de objetos externos e do sistema de exaustão dos gases de combustão.

- Características - Conjunto de tubos e conexões, condutores do gás natural veicular, na baixa pressão. Os tubos devem ser de material flexível, compatível ao uso de GNV.
- Instalação - as conexões/fixadores devem atender as mesmas prescrições de pressão/temperatura de serviço e protegidas contra corrosão.
- Deve seguir o menor percurso, passando por locais acessíveis, protegidas em caso de colisão, e que permita fácil fixação. Deve ser dotada de flexibilidade suficiente para absorver os movimentos do motor e evitar o estrangulamento do fluxo de gás.

### 2.5.9 Redutor de Pressão

Foto 08: redutor de pressão



Fonte: Roma S/A

- Características - Sua finalidade é reduzir a pressão do gás de 200 bar para a pressão atmosférica. É recomendado que se faça circular por ele a água do radiador, evitando assim o congelamento do gás.
- Instalação - Recomenda-se que a montagem seja feita no compartimento do motor de forma que os diafragmas fiquem paralelos ao eixo longitudinal do veículo, e nunca no eixo transversal, pois em freadas bruscas, poderia comprometer o funcionamento dos diafragmas.

### 2.5.10 Chave Comutadora de Combustível

Foto 09: Chave comutadora



Fonte: Roma S/A

- Características - Ela comanda as eletroválvulas de combustível, controlando a passagem de um combustível para o outro.
- Instalação - Deve ser instalada no interior do veículo em local visível e acessível.

### 2.5.11 Misturador/Dosador

Foto 10: Misturador/dosador



Fonte: Roma S/A

- Características - Componente que promove a dosagem de gás, necessária ao correto funcionamento do motor.

- Instalação - Deve ser instalado o mais próximo possível do sistema de alimentação e o mais longe possível das extremidades do veículo e do sistema de exaustão.

### 2.5.12 Linha de Alta Pressão

Foto 11: Linha de alta pressão



Fonte: Roma S/A

- Características - Conjunto de tubos e conexões , destinados a conduzir o gás natural veicular, na alta pressão.
- Instalação - quando instalados em compartimento fechado do veículo deve-se prever dispositivo de ventilação para atmosfera. Deve seguir o menor percurso, passando por locais acessíveis, protegidas em caso de colisão, e que permita fácil fixação. Deve ser dotada de flexibilidade suficiente para absorver os movimentos do motor e evitar o estrangulamento do fluxo de gás. Na saída de cada cilindro, bem como em trechos retos, a cada 2,5 m, deve ser um sistema de flexibilidade (através de helicóide).

### 2.5.13 Simulador de Sonda Lambda

Foto 12: Simulador de Sonda Lambda



Fonte: Roma S/A

- Características - Dispositivo eletrônico que controla a mistura gás natural e oxigênio, possibilitando uma queima mais perfeita e menos poluente. Este controle é feito através da quantidade de oxigênio emitido nos gases de escape e analisado pela sonda lambda.
- Instalação - Instalar o atuador o mais próximo possível do misturador e fixar a centralina longe de possíveis infiltrações de água e excessiva fonte de calor.

### 2.5.14 Emulador de Bicos Injetores

Foto 13: Emulador de bicos injetores



Fonte: Roma S/A

- Características - Serve para interromper o (s) bico (s) injetor (es) dos veículos com injeção eletrônica quando do uso com gás e simula a situação de funcionamento dos bicos para que o sistema de injeção não detecte anomalias.
- Instalação - destacar dos bicos injetores os cabos originais e inserir o do emulador.

### 2.5.15 Variador de Avanço

Foto 14: Variador de avanço



Fonte: Roma S/A

- Características - Processa informações recebidas da unidade de comando da ignição eletrônica, ajustando o ponto de ignição em função da rotação (aumenta o ângulo de avanço original entre de 3 e 15°). Pois a velocidade de propagação da chama, em uma mistura ar-gás é muito mais lenta que na mistura ar-gasolina

#### · Observações importantes:

- Após a montagem, o ensaio de vazamento, e o abastecimento do veículo com pressão máxima de trabalho, deve ser feita uma inspeção, verificando se todos os itens foram atendidos. Qualquer problema, deverá ser sanado para posterior liberação para uso.

- Todos os componentes do sistema, devem ser anualmente vistoriados.
- O proprietário do veículo convertido deve ser orientado de forma que o mesmo verifique alguns componentes do sistema.

## **2.6 SEGURANÇA DO GÁS NATURAL VEICULAR**

### **2.6.1 Conversão do veículo**

Os Procedimentos de segurança para o uso do GNV requerem entre outros cuidados, cuidado especial com a conversão, sendo que esta deverá ser feita em oficina homologada pelo INMETRO. Deve ser exigido da convertedora, a nota fiscal e o Certificado de Homologação do INMETRO, para fazer o registro de conversão junto ao órgão de trânsito responsável.

São necessárias revisões periódicas do kit e cilindro em convertedoras homologadas pelo INMETRO. Está descartado o uso de peças usadas, cilindro recondicionado ou de procedência desconhecida e tubos de cobre. Na instalação, serão exigidos tubos de aço.

Os cilindros devem ser sempre de aço especial, de alta resistência para GNV (NBR- 12790 ou ISO 4705) e devem ser fixados com suportes adequados, oferecendo segurança. Não são permitidas soldas nos cilindros, pois este será um ponto em que a resistência ficará comprometida, com sérios riscos de ruptura e vazamento do combustível.

De acordo com Oliveto, do INMETRO, os novos selos para cilindros de GNV garantem ao consumidor que o produto foi avaliado dentro de rígidas normas técnicas de segurança.

O cilindro é um produto de certificação compulsória e, desde 1º de dezembro/2004, tanto o novo quanto o requalificado deverão ter obrigatoriamente os novos selos do INMETRO.

Para os cilindros novos, o selo tem coloração verde e deverá trazer, entre outras informações, o nome do fabricante. Para os cilindros requalificados, o selo tem a coloração lilás e deverá trazer os dados da empresa que fez o serviço.

É importante lembrar que os cilindros de aço usados, com mais de cinco anos de uso, devem ser requalificados em oficinas certificadas por entidades credenciadas pelo INMETRO.

### **2.6.2 Procedimentos ao abastecer**

Ao abastecer, deve-se desligar o motor, o rádio e o telefone celular, apagar os faróis e frear o veículo. Não fumar no local do abastecimento ou próximo, o que é até mesmo uma obrigação lógica. O motorista, bem como os passageiros, devem sair do interior do veículo.

O veículo deverá sempre estar aterrado. É importante certificar-se de que a mangueira de abastecimento de GNV foi desconectada antes de arrancar.

A pressão de abastecimento não deverá, em nenhuma hipótese, ultrapassar 220 kgf/cm<sup>2</sup>. O kit e cilindros são dimensionados para 220 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão máxima. Este valor já considera a margem de segurança.

Pressões acima desse limite podem causar vazamentos no sistema, diminuindo a vida útil do equipamento e aumentando muito o risco de provocar acidentes.

### **2.6.3 Manutenção básica**

Como cuidados gerais, pode-se acrescentar que todos os serviços a serem feitos no kit e cilindros de gás natural deverão ser sempre feitos em oficinas homologadas pelo INMETRO.

O usuário não deve tentar consertar os pequenos defeitos sozinho e sim procurar a convertedora para fazê-lo de acordo com a técnica, bem como com segurança adequada. Não confundir Gás Natural Veicular (GNV) com o gás de cozinha (GLP).

Jamais usar o botijão de GLP em veículos automotores. Os botijões fabricados para armazenamento de GLP são projetados para suportar pressões muito inferiores à do GNV,

algo em torno de 15 BAR. Como resultado, ocorrerá a ruptura do botijão, de forma violenta, em razão do gás expandir-se, proporcionando sério risco às pessoas que estiverem nas proximidades.

Na foto 15, pode-se observar que o usuário do veículo, com a intenção de aumentar sua autonomia, instalou um botijão de GLP, em total desacordo com as normas existentes, resultando em acidente no momento do abastecimento. Como o botijão não resistiu à pressão, rompeu-se arremessando partes do veículo a mais de 80 metros de distância. Devido a falta de informação, acontecimentos desta natureza eram comuns até pouco tempo atrás. Este fato ocorreu na cidade de Curitiba em 27 de outubro de 2004.

Foto 15 : Acidente em Curitiba



Fonte: SEDEC/CBMERJ

É importante ser um fiscal do Programa de GNV, denunciando os usuários clandestinos para preservar a integridade física e a segurança de todos os demais usuários e de toda comunidade.

Não transitar com qualquer tipo de vazamento. Assim que o condutor perceber algo suspeito, deve procurar a assistência técnica a fim de providenciar o devido reparo no defeito apresentado.

Não permitir que curiosos ou não habilitados mexam na regulagem do carro. Em caso de mau funcionamento, verificar se o filtro de ar, as velas ou qualquer outra parte da ignição estão sujos ou precisando de reposição. Estes procedimentos são simples e não requerem conhecimentos avançados em mecânica, bastando uma simples consulta ao manual do proprietário

Alguns itens dos carros convertidos a GNV como as velas, cabos e bomba de combustível precisam de cuidados específicos para não comprometer a durabilidade desses motores. Isso ocorre porque o GNV tem características de combustão diferente da gasolina e do álcool. Sua mistura de ar-combustível é mais pobre e gera um aumento de tensão em todo sistema de ignição, podendo chegar a ordem de até 20%.

Há hoje no mercado produtos específicos para os carros convertidos, capazes de suportar a alta tensão dos motores a GNV, especialmente desenvolvidos para melhorar a performance de ignição do veículo e garantir maior durabilidade e adaptabilidade a veículos que dele fazem uso.

São produtos como os cabos da linha Gas Line e as velas de ignição Super Plus da Bosch. Os cabos – 100% de silicone – possuem conectores e vedações dimensionadas para operarem em condições de altas temperaturas e tensões elevadas, por um longo período de tempo. Já as velas Super Plus resultam em partidas e respostas mais rápidas, adequadas ao uso em GNV. (BOSCH, 2008)

Também é importante a utilização, esporádica, dos combustíveis gasolina e/ou álcool para evitar formação de depósitos na bomba de combustível que podem prejudicar o funcionamento regular e eficiente, causando comprometimento a todo sistema de injeção.

As peças em contato direto com o combustível líquido - como a bomba, o regulador de pressão e a válvula de injeção - são itens que também precisam de atenção especial. Segundo especialistas, a bomba de combustível deve ser desativada pelo sistema de conversão quando o veículo estiver funcionando apenas com o GNV. Essa prática evita o superaquecimento da bomba, bem como também evitam que as mangueiras de combustível ressequem.

Segundo a Bosch do Brasil S/A, um dos fabricantes de componentes utilizados em kits de GNV, recomenda-se que a revisão preventiva dos veículos convertidos seja feita a cada 15 mil

quilômetros ou a cada 12 meses para garantir o bom funcionamento do kit de conversão, assim como dos demais componentes do motor.

### 3 COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS COM GNV

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FOGO

Nos primórdios da história, à medida que os homens se espalhavam pelo mundo, mudando-se para áreas de clima frio, o fogo tornou-se vital para o aquecimento e também como fonte de luz. Teve também utilidade para cozinhar. Nos primeiros lugares onde o homem se estabeleceu, a falta de provas da existência de vestígios de fogo faz sugerir que estes povos alimentavam-se de carne crua. Foi a partir do uso do fogo para cozinhar que aumentou o número e a variedade de alimentos disponíveis para os homens primitivos.

O fogo teve ainda outra utilidade, não tão óbvia hoje em dia, mas talvez a mais importante de todas, quando foi descoberto pela primeira vez. O fogo servia de proteção contra os animais selvagens que atacavam os homens primitivos. Uma fogueira ardendo constantemente em um acampamento mantinha os predadores afastados. Por isso que a descoberta do fogo permitiu uma maior mobilidade. Contando com o fogo como meio de proteção, pequenos grupos de homens que anteriormente tinham que viajar em grandes bandos para se defenderem, podiam se aventurar para lugares mais distantes em busca de alimentos ou de moradia.

O que está descrito acima diz respeito à descoberta do fogo e de que forma ele podia ser transportado. Porém, somente muito tempo depois que o homem verificou as faíscas saindo de dois galhos que eram esfregados pela ação do vento é que surgiu a idéia de tentar se obter fogo através do atrito de dois pedaços de pau. Estudos recentes a respeito dos povos primitivos indicam que a produção do fogo pelo *Homo erectus*, o ancestral imediato do homem moderno, só aconteceu no período neolítico, cerca de 7 mil anos AC. O *Homo erectus* descobriu uma forma de produzir as primeiras faíscas, através do atrito de pedras ou pedaços de madeira. Para reproduzir o fenômeno, tentou-se diferentes tipos de pedras, até se decidir pelas melhores, como o sílex e as piritas. Utensílios foram criados, sendo que, um dos primeiros, foi um pequeno disco de madeira, que era girado rapidamente entre a palma das mãos, enquanto era pressionado numa soleira plana de madeira. Mais tarde, as puas de arco e corda foram usadas para fazer girar mais rapidamente o disco, fazendo com que o fogo pegasse mais depressa. Somente tempos depois se descobriu que uma faísca poderia ser criada esfregando-se piritas de ferro com uma pedra.

Assim como o controle inicial do fogo foi essencial para o desenvolvimento de seres humanos na Idade da Pedra, para os primeiros agricultores do período Neolítico, foi um fator preponderante para o desenvolvimento de toda civilização humana até nossos dias. No decorrer da história, o homem encontrou formas diferentes de utilizar o fogo: luz e calor resultantes da rápida combinação de oxigênio, ou em alguns casos de cloro gasoso, com outros materiais. Também foi utilizado para cozinhar, clarear a terra para o homem plantar, para aplicação em recipientes de barro a fim de se fazer cerâmica e também a aplicação em pedaços de minério para se obter cobre e estanho, combinando-os em seguida para fazer o bronze (3000 AC), e mais tarde obter o ferro (1000 AC).

O domínio do fogo e sua aplicação, fez também com que alguns povos pelo desenvolvimento de novos armamentos, dominassem outros. Mais tarde, por volta do século XVIII, o fogo foi também o principal responsável pela revolução industrial, ao considerar-se que sem o aquecimento por ele proporcionado, não haveria sequer a máquina a vapor.

Finalmente, nos dias de hoje pode-se dizer que a evolução da tecnologia moderna é caracterizada por um aumento e um controle cada vez maior sobre a energia. O fogo foi a primeira fonte de energia descoberta conscientemente controlada e utilizada pelo homem.

Porém o fogo trouxe também alguns problemas. Quando escapa ao controle do homem, é responsável pelos incêndios, causando perdas humanas, ambientais e materiais de diversas proporções.

Neste contexto, é necessário o aprimoramento das formas de combater os incêndios, ou em outras palavras, controlar o fogo, dominá-lo.

### 3.1.1 CONCEITO DE FOGO

O fogo ou combustão, de acordo com Dutra (2002, 245p) pode ser assim definido:

É a reação química entre o comburente e um combustível, onde os gases resultantes da mistura destes, se inflamam, apresentando um desprendimento de energia que se dá sob forma de luz e calor.

### 3.1.2 ELEMENTOS DO FOGO

Pode-se dizer que para existir a combustão se faz necessária a presença dos quatro elementos fundamentais para que o fogo ocorra. Segundo Dutra (2002, 245-247p.) são eles:

a) Calor – forma de energia que eleva a temperatura, gerada da transformação de outra energia, através do processo físico ou químico. Pode ser descrito como uma condição de matéria em movimento, isto é, movimentação ou vibração das moléculas que compõe a matéria. As moléculas estão constantemente em movimento. Quando um corpo é aquecido, a velocidade das moléculas aumentam e o calor (demonstrado pela variação de temperatura) também aumenta. O calor é gerado pela transformação de outras formas de energia, quais sejam:

- Energia química: A quantidade de calor gerado pelo processo de combustão;
- Energia elétrica: O calor gerado pela passagem de eletricidade através de um condutor, como um fio elétrico ou aparelho eletrodoméstico;
- Energia mecânica: O calor gerado pelo atrito entre dois corpos;
- Energia nuclear: O calor gerado pela quebra ou fusão de átomos.

b) Comburente – é o elemento que associado quimicamente ao combustível, em proporções adequadas, possibilita a combustão. O oxigênio é o comburente mais facilmente encontrado na natureza. A atmosfera possui, aproximadamente sua composição em 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases;

c) Reação em cadeia – Torna a queima auto-sustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio, e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante.

d) Combustível – é todo o elemento suscetível de entrar em combustão. Os materiais orgânicos são combustíveis, porém dentre os inorgânicos (nas condições normais), alguns são combustíveis. A combustibilidade de um corpo depende de sua maior ou menor possibilidade de combinar com o oxigênio, sob a ação do calor. Normalmente, são conhecidas como combustível as substâncias que se queimam na atmosfera, utilizando o oxigênio do ar como comburente. No entanto substância que normalmente não são conhecidas como combustível, em circunstâncias especiais, podem adquirir as propriedades destes. O aço, por exemplo, não é considerado um combustível, mas sob a forma de fios muito finos (palha de aço) e em ambientes muito ricos em oxigênio, pode queimar-se com grande rapidez.

Em se tratando dos combustíveis, pode-se dividi-los em sólidos, líquidos ou gasosos, sendo que a grande maioria necessita passar para o estado gasoso para combinar com o oxigênio. A velocidade de queima de um combustível depende diretamente de sua capacidade de combinar-se com o oxigênio sob a ação do calor e de sua fragmentação, ou seja, área de contato com o oxigênio.

Ainda segundo Dutra (2002, 246-247p.), e sua classificação dos combustíveis, pode-se especificar as seguintes características:

- Combustíveis sólidos: A maioria dos combustíveis sólidos transforma-se em vapor, e então, reagem com o oxigênio; quanto maior a superfície exposta mais rápido será o aquecimento do material e conseqüentemente, o processo de combustão;
- Combustíveis líquidos: Os líquidos inflamáveis tem algumas propriedades físicas que dificultam a extinção do calor, aumentando o perigo para os bombeiros. Os líquidos inflamáveis não possuem forma definida, assumindo a forma do recipiente que os contém; Se derramados procuram ocupar a superfície atingida, acumulando-se nas partes mais baixas. Os líquidos inflamáveis derivados do petróleo, conhecidos como hidrocarbonetos, tem pouca solubilidade, propriedade de se misturar com a água, ao ponto que os solventes polares, como álcool e acetona, tem grande solubilidade, até um ponto em que a mistura não seja mais inflamável;
- Combustíveis gasosos: Os gases não possuem volume definido, tendendo rapidamente, a ocupar todo o recipiente em que estão contidos. Para que se concretize a queima é necessário que o mesmo esteja em uma mistura ideal com o ar atmosférico, e, portanto, se estiver fora de determinados limites, ele não queimará. Cada gás, ou vapor, tem seus limites próprios.

Além das classificações descritas, o combustível apresenta, ainda, de acordo com Dutra (2002, 247p.), as seguintes propriedades:

- Voláteis: São aqueles que despreendem vapores capazes de se inflamar a temperatura ambiente. Exemplo: gasolina.
- Não voláteis: São aqueles que, para desprenderem vapores capazes de inflamar-se, necessitam de aquecimento acima da temperatura ambiente. Exemplo: óleo lubrificante.

### **3.1.3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS RELATIVOS AO FOGO**

Para melhor entender a dinâmica do fogo e seus mecanismos de ação se faz necessário a compreensão de alguns elementos a ele associados. Tal compreensão é importante pois é a partir dela que se toma todas as decisões relacionadas ao domínio e controle do fogo.

#### **3.1.3.1 PONTO DE FULGOR**

Temperatura na qual, mediante aquecimento, a substância começa a liberar vapores, que se incendiam se houver uma fonte externa de calor. Neste ponto, as chamas se extinguem se for retirada a fonte de calor, devido à pequena quantidade de vapores; (OLIVEIRA, 2005).

#### **3.1.3.2 PONTO DE COMBUSTÃO**

Prosseguindo no aquecimento, atinge-se uma temperatura em que os gases desprendidos do material, ao entrarem em contato com uma fonte de calor externa, iniciam a combustão e continuam a queimar sem o auxílio daquela fonte. Tal temperatura é denominada ponto de combustão; (OLIVEIRA, 2005).

#### **3.1.3.3 PONTO DE IGNIÇÃO**

Continuando o aquecimento, atinge-se um ponto no qual o combustível exposto ao ar entra em combustão sem que haja fonte externa de calor. Esse ponto é chamado de ponto de ignição. (OLIVEIRA, 2005).

### **3.1.3.4 LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDADE**

Consiste no número mínimo de moléculas de um combustível, ou seja, a mínima concentração de vapores desprendidos por uma substância ou de gás necessária para que se forme uma mistura inflamável com o ar. (OLIVEIRA, 2005). Concentrações de gás abaixo do LII não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de oxigênio e pequena quantidade do produto para a queima. Esta condição é chamada de "mistura pobre". (HADDAD *et al.*, 2002).

### **3.1.3.4 LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDADE**

Concentração tal de um vapor ou gás num ambiente acima da qual a mistura com o ar não se configura inflamável, posto que não é possível que exista a combustão. Concentrações de gás acima do LSE não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de oxigênio para que a combustão ocorra, é a chamada "mistura rica"; (HADDAD , 2002).

### **3.1.3.6 FAIXAS OU LIMITES DE INFLAMABILIDADE**

Faixa (concentração) compreendida entre o limite inferior de inflamabilidade (LII) e o limite superior de inflamabilidade (LSI). É especificada para cada substância inflamável e, ademais, é usada para definir e/ou identificar um gás inflamável. O Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) classifica gás inflamável como aquele que tiver LII menor ou igual a 13% e faixa de inflamabilidade maior que 12%. Estes valores de referência foram retirados da amônia anidra; (ARAÚJO, 2005).

### 3.1.4 CLASSIFICAÇÃO DOS INCÊNDIOS

Os incêndios podem ser classificados de acordo com os materiais nele envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação tem como objetivo facilitar a determinação do agente extintor a ser empregado, de forma adequada, para o tipo de incêndio específico. Entende-se por agentes extintores todas as substâncias capazes de eliminar um ou mais elementos essenciais do fogo, cessando dessa forma a combustão. Segundo Dutra (2002, 251-252p.), a classificação dos incêndios pode ser feita da seguinte forma:

- a) Incêndio classe “A”: envolvem combustíveis sólidos comuns, como papel, madeira, pano, borracha. É caracterizada pelas cinzas e brasas que deixam como resíduos e por queimar em razão de seu volume, isto é, a queima se dá na superfície e em profundidade.
- b) Incêndio classe “B”: envolvem líquidos inflamáveis, graxas e gases combustíveis. É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas em superfície exposta e não em profundidade.
- c) Incêndio classe “C”: envolvem equipamentos energizados. É caracterizado pelo risco de vida que oferece ao bombeiro.
- d) Incêndio classe “D”: envolvem metais combustíveis pirofóricos (magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, zircônio). É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns (principalmente os que contenham água).

### 3.1.5 MÉTODOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Pode-se definir extinção de incêndio como sendo sua descontinuidade em decorrência da retirada de um ou mais de seus quatro elementos fundamentais. Como foi visto no item anterior, os incêndios dividem-se em classes, e desta forma existem métodos adequados de extinção para cada uma delas. Conforme Dutra (2002, p.251-252), pode-se extinguir os incêndios da seguinte forma:

- Incêndio classe “A”: Necessita de resfriamento para sua extinção, isto é, do uso de água ou soluções que a contenham em grande porcentagem, a fim de reduzir a temperatura do material em combustão abaixo do seu ponto de ignição. O emprego de pós químicos, somente retardam a combustão, não agindo na queima em profundidade do material combustível, enquanto que o emprego do agente extintor a

base de água, elimina as chamas, bem como elimina o material sinistrado, agindo desta forma tanto em superfície como em profundidade.

- Incêndio classe “B”: Necessita para sua extinção o abafamento ou a interrupção (quebra) da reação em cadeia. No caso de líquidos muito aquecidos (ponto de ignição) é necessário reduzir a temperatura do combustível através do resfriamento do material, destacando-se a espuma química ou mecânica como melhor agente extintor.

- Incêndio classe “C”: Para sua extinção é necessário a aplicação de um agente não condutor de corrente elétrica, e que utilize o princípio de abafamento ou interrupção (quebra) da reação em cadeia. Esse incêndio pode ter sua classe alterada para classe “A”, desde que se interrompa o fluxo elétrico. Devendo ter o cuidado com equipamentos que acumulam energia elétrica, como é o caso dos televisores, mesmo após a interrupção da corrente elétrica para o aparelho. Sendo considerado o agente extintor CO<sub>2</sub> como melhor e mais recomendado agente para extinção de incêndios de classe “C”, devido sua eficácia e por não conduzir corrente elétrica.

- Incêndio classe “D”: Para sua extinção, necessita de agentes extintores especiais que se fundam em contato com o material combustível, formando uma espécie de capa que isola do ar atmosférico, interrompendo a combustão pelo princípio de abafamento. Os pós especiais são compostos dos seguintes materiais: cloreto de sódio, cloreto de bário, monofosfato de amônia, grafite seco. O princípio de retirada do material também é aplicada com sucesso nesta classe de incêndio.

### **3.1.6 FORMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

Transferência de Calor é energia em trânsito, sem a presença de trabalho, devido a uma diferença de temperatura. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios diferentes ocorrerá transferência de calor (INCROPERA; DEWITT, 1998).

#### **3.1.6.1 CONDUÇÃO**

A condução pode se definida como o processo no qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura para outra de temperatura mais baixa dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato direto. Este mecanismo pode ser visualizado como a transferência de energia de partículas mais energéticas para partículas menos energéticas de uma substância devido a interações entre elas (KREITH, 1998).

### **3.1.6.2. CONVECÇÃO**

A convecção pode ser definida como o processo pelo qual energia é transferida das porções quentes para as porções frias de um fluido através da ação combinada de: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura (KREITH, 1998).

### **3.1.6.3. RADIAÇÃO**

A radiação pode se definida como o processo pelo qual calor é transferido de uma superfície em alta temperatura para uma superfície em temperatura mais baixa quando tais superfícies estão separadas no espaço, ainda que exista vácuo entre elas. A energia assim transferida é chamada radiação térmica e é feita sob a forma de ondas eletromagnéticas (KREITH, 1998).

## **3.2 COMBATE AO INCÊNDIO PELO CORPO DE BOMBEIROS**

Para se obter o resultado desejado no combate a incêndio em veículos movidos a GNV é necessário adotar uma série de ações que darão maior segurança aos combatentes e ao mesmo tempo facilitarão o alcance do objetivo final. É importante que os integrantes do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina sejam conhecedores destes mecanismos para que, desta forma, atuem de maneira cada vez mais profissional, proporcionando à sociedade barriga-verde a proteção merecida.

### 3.2.1 ESTACIONAMENTO DA VIATURA

Quando uma viatura de combate a incêndio chega ao local da ocorrência, é de grande importância saber qual o melhor local onde estacioná-la. Em se tratando de uma ocorrência de incêndio envolvendo veículo movido a GNV, observa-se o que diz Losso (2004, 12p.):

- Estacionar o veículo de combate a incêndio a pelo menos 30 metros do veículo em chamas;
- verificar a direção do vento;

Sobre este tema, Carlos Alberto Simas Junior (2001, p. 19) afirma que:

Estabelecer o socorro a: 100 mts do local, no mínimo, em casos de veículos leves (carros de passeio); 200 mts, para veículos de transporte (Vans e táxis); e 300 mts, para veículos de carga (pick-up) ou reboques.

Enquanto que Simas Junior afirma que a distância mínima é de 100 metros, os manuais dos fabricantes de cilindros estabelecem que essa distância é de 30 metros, em razão de se basearem em um trabalho elaborado pela Rooster por solicitação do IBP (Instituto brasileiro de petróleo e gás) de acordo com o que segue abaixo:

#### POSICIONAMENTO DA VIATURA

Definir a melhor localização da viatura visando segurança da mesma e melhor posição para o combate.

Posicionar a viatura a pelo menos 30 metros do veículo sinistrado.

O Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo observa que a distância deva ser de 30 metros também, conforme se verifica no POP da Corporação:

#### POSICIONAMENTO DA VIATURA

- Definir a melhor localização da viatura visando segurança da mesma e melhor posição para o combate.

- Posicionar a viatura a pelo menos 30 metros do veículo sinistrado.

- Sinalizar e isolar o local envolvendo a viatura e o veículo sinistrado.

- Interromper o trânsito dos veículos.

Para se estabelecer a distância correta que o socorro deve se posicionar, é importante considerar ou não a possibilidade de ocorrer um BLEVE .

Existem vários registros de eventos em que ocorreu o BLEVE, e o que se tem constatado mais freqüentemente é que os proprietários adulteram o kit GNV, com adaptações perigosas, inclusive com obstruções dos dispositivos de segurança, pondo em risco a vida dos ocupantes, dos transeuntes e até mesmo dos bombeiros. Para tal prática existem sanções administrativas e o responsável por acidente decorrente deste ilícito, responde criminal e civilmente pelos danos causados.

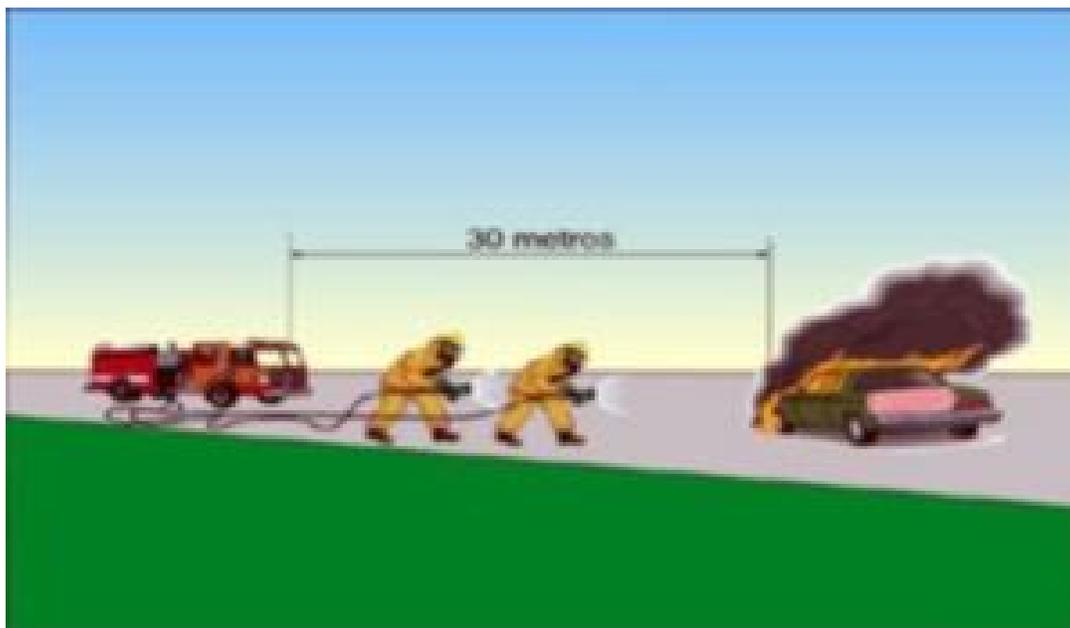
Nos Kits instalados de acordo com as normas técnicas em vigor, os cilindros contam com dispositivos de segurança que não permitem a ocorrência do BLEVE, sendo que os cilindros trabalham a uma pressão de 200 bar, mas podem alcançar os 220 bar durante o abastecimento. Eles passam por um teste hidrostático de 300 bar e a previsão de ruptura é de 455 bar. Ao ser alcançada a temperatura de 80° C a 110° C o plug fusível é acionado e passa a liberar o gás, com a continuidade do aquecimento do cilindro, a pressão interna aumentará, e o disco de ruptura passará a liberar o gás mais rapidamente a uma pressão de 300 bar, ou seja, desta forma não há como ocorrer o rompimento da chapa do cilindro. (POLIPEC,2008)

Considerando o perfeito funcionamento dos dispositivos de segurança a distancia de 30 metros é bastante razoável, contudo é possível que exista alguma adulteração no kit, e nesse caso os bombeiros estarão em risco a uma distancia de 30 metros, já que existem registros de partes dos veículos e cilindros serem arremessadas a mais de 80 metros .

Nesse sentido, a distância mínima para o estabelecimento do socorro deveria ser de 100 metros, por que está sendo considerado a possibilidade de haver alguma irregularidade na instalação do kit GNV, irregularidade esta que pode conduzir a ocorrência de um BLEVE.

Na figura 03 pode-se observar a distância mínima como sendo 30 metros, a qual pode ser aplicada, desde que não haja risco de ocorrer um BLEVE. Desta forma, a avaliação da cena pela equipe de socorro é de fundamental importância e devem ser considerados todos os aspectos relativos à ocorrência, bem como as proporções do incêndio e o estágio em que se encontra. Assim sendo, percebe-se que respeitar uma distância segura, avaliando cada caso, pode reduzir os riscos no atendimento deste tipo de ocorrência.

Figura 03: Distância segura



Fonte: IBP

Outro fator a ser considerado quando o assunto é o estacionamento do caminhão de combate a incêndio, é o fato do local onde o sinistro estiver ocorrendo apresentar dificuldades para que isso ocorra. Nas grandes cidades, o trânsito encontra-se cada vez mais complicado, há muitos veículos transitando, poucos estacionamentos e nem sempre a guarnição de combate encontrará um local que atenda perfeitamente as condições de segurança. É importante salientar que o sucesso deste tipo de operação, ou seja, o combate a incêndio tem seu êxito diretamente relacionado com o tempo resposta. Portanto é importante que o motorista apresente habilidade na condução da viatura.

Na Foto 16, é possível observar algumas irregularidades e inobservância aos cuidados básicos quanto ao estacionamento da viatura de combate a incêndio.

Foto 16: Estacionamento inseguro



Fonte: IBP

Em primeiro lugar, a distância em que o caminhão foi estacionado em relação ao veículo em chamas é muito pequena, bem menor que os 30 metros recomendados (sem BLEVE). Outro fator importante a ser considerado é que a viatura aparenta ter sido estacionada em um local em que o vento empurra os produtos da combustão sobre os bombeiros, quando o correto seria estacioná-la a favor do vento, evitando ou minimizando este risco.

Observa-se nesta foto, que caso o veículo em chamas estivesse equipado para transitar com GNV e em razão disto ocorresse uma explosão do cilindro, muito provavelmente ocasionaria danos na viatura e pior, poderia atingir os bombeiros causando sérias conseqüências, inclusive com risco à vida destes.

Assim sendo, pode-se verificar que o cuidado com o estacionamento da viatura de combate é importantíssimo, pois trata-se do início de qualquer operação de combate a incêndio. Esta etapa não deve ser negligenciada em hipótese alguma, devendo ser merecedora de toda atenção por parte dos combatentes.

### 3.2.2 CONCEITO DE BLEVE

A palavra ou sigla BLEVE, provém do idioma inglês, originalmente significando Boiling Liquid Expanded Vapor Explosion, que traduzido ao idioma português ficaria: Explosão de Vapor Expandido de Líquido em Ebulição. De acordo com a NFPA (National Fire Protection Association) (RESGATE,2008), pode-se conceituar BLEVE da seguinte forma:

Um BLEVE é um tipo de explosão mecânica (do alívio de pressão) que ocorre quando gases liquefeitos, armazenado em recipiente a temperatura acima do seu ponto de ebulição, são expostos à atmosfera, causando rápida evaporação. Isto acontece quando um recipiente rompe. Um BLEVE pode ocorrer quando as chamas atingem o costado do tanque, ou quando as paredes do tanque estão corroídas, ou ainda sulcado por choque mecânico. O calor do fogo causa o enfraquecimento e falência do metal. Quando aumenta a pressão interna e o líquido, em expansão para vapor, fornece a energia que cria as trincas no tanque, consolida sua falência e a projeção de seus pedaços. O resultado é a mistura de vapor com o ar que resulta na bola de fogo, característica que ocorre quando o vapor é incendiado pelo fogo. Durante o processo a válvula de alívio de pressão do tanque opera criando uma grande tocha vertical e um barulho violento. (N.T: Uma das características de um tanque que está para explodir é o barulho, às vezes ensurdecedor e crescente na válvula de alívio).

O BLEVE é um fenômeno que pode ocorrer em recipientes com gases liquefeitos armazenados em temperatura superior a seu ponto de ebulição, que ao acontecer põe em risco a vida de todos que se encontram nas proximidades. Dependendo de sua magnitude, diretamente relacionada à quantidade de gás armazenado e a temperatura atingida, as conseqüências podem ser de enormes proporções.

De acordo com Dutra (2002, p.426), o BLEVE pode ser assim descrito:

Quando um recipiente contendo líquido sob pressão tem suas paredes expostas diretamente às chamas, a pressão interna aumenta (em virtude do gás exposto a ação do calor), tendo como resultante a perda de resistência das paredes do recipiente. Isto pode causar um rompimento ou o surgimento de uma fissura, em ambos os casos, todo o conteúdo irá vaporizar-se e sair instantaneamente. Essa súbita expansão é uma explosão. Nos casos dos líquidos inflamáveis irá formar uma enorme bola de fogo com enorme irradiação de calor. O maior perigo da explosão são os estilhaços do recipiente em todas as direções, com grande deslocamento de ar. Para se evitar o BLEVE, é necessário esfriar exaustivamente os recipientes que estejam sendo aquecidos pela exposição direta ao fogo ou por calor irradiado, devendo ser esse resfriamento preferencialmente com jato neblinado.

Assim sendo, verifica-se que o bombeiro que estiver efetuando combate a incêndio em recipiente com as características assim descritas, deverá atentar-se para regras de segurança ainda mais abrangentes que as utilizadas nos demais incêndios.

### **3.2.3 ISOLAMENTO DA ÁREA**

Toda operação de combate a incêndios deve ser executada observando-se as normas de segurança. Dentre os aspectos relativos à segurança encontra-se o isolamento da área, que em outras palavras significa delimitar o acesso a pessoas que não estarão participando da operação. Os principais motivos desta delimitação são: Garantir a segurança dos populares e pessoas que se encontram nas proximidades e permitir com que os combatentes concentrem seus esforços no combate ao incêndio sem necessitar desviar sua atenção para cuidar da segurança de pessoas que não deveriam estar na cena da ocorrência.

Este isolamento é proporcional aos riscos oferecidos pelo evento e o comandante da operação deve ter analisado a magnitude do evento e dimensionar a área que deve ser resguardada aos profissionais que estiverem atuando diretamente na ocorrência.

O isolamento será feito, preferencialmente, por agentes de trânsito ou da segurança pública, podendo ser Policiais Militares, Guardas Municipais, etc...

Assim sendo, as guarnições do Corpo de Bombeiros pode atuar exclusivamente na extinção do incêndio e resgate das vítimas.

### **3.2.4 POSICIONAMENTO DO CILINDRO NO VEÍCULO**

Um fator importante a ser observado pelos combatentes é o local onde fica instalado o cilindro do GNV no veículo. Este conhecimento é importante para estabelecer a tática ideal de combate, como será visto no item 3.2.6.

Em geral, nos veículos de passeio, o cilindro encontra-se posicionado no porta-malas da maioria destes veículos, porém em alguns casos encontra-se em outros locais.

Nos veículos de passeio , hatchs, sedans e peruas, geralmente os cilindros de GNV situam-se nos porta-malas. Nas Kombis e furgonetas, encontra-se geralmente no compartimento de carga. Nas picapes, geralmente estão posicionados nas caçambas. Nos caminhões, nas laterais junto ao tanque de diesel e finalmente nos ônibus, geralmente na parte lateral, junto ao alinhamento do chassi.

Atualmente existe uma tendência de posicionar os cilindros debaixo do veículo, o que faz com que não haja perda de espaço do porta-malas. Geralmente camionetas maiores estão adotando este tipo de posicionamento. Exemplo: Chevrolet S-10, Mitsubishi Pajero, Ford Ranger, etc...

### **3.2.5 TÉCNICAS DE COMBATE AO INCÊNDIO**

Técnica de extinção de incêndio é a utilização correta dos meios disponíveis para extinguir incêndios com maior segurança e com o mínimo de danos possíveis durante o combate (Dutra,2002).

Os bombeiros devem estar aptos para executar com rapidez e eficiência as evoluções determinadas pelo comandante da guarnição. Este nível de profissionalização é alcançado quando há empenho no treinamento por parte das guarnições que trabalham juntas. A familiaridade com equipamentos de combate a incêndios é obtida através da instrução constante.

De acordo do Dutra (2002, p.420,421), a guarnição deve trabalhar de modo que cada bombeiro tenha sua missão definida:

- a) O comandante da guarnição toma decisões para o desenvolvimento tático, assiste e supervisiona os integrantes da guarnição quanto aos procedimentos técnicos (técnica aplicada);
- b) O motorista conduz a viatura em segurança com a guarnição e equipamento, e opera a bomba da viatura;

c) Os chefes de linha e auxiliares armam as linhas determinadas, operam os esguicho e realizam outras missões, conforme determinação do comandante.

As técnicas de extinção são determinadas pela peculiaridade de cada classe e tipo de incêndio e suas características.

### **3.2.5.1 PRINCÍPIO DE INCÊNDIO**

Ocorrendo uma situação em que o incêndio ainda esteja em seu princípio há a possibilidade de efetuar a extinção fazendo uso de extintor de incêndio de pó químico seco, segundo o IBP (2003, p.25),:

Caso o incêndio esteja no início, utilizar extintores portáteis de pó químico seco.

Os extintores de incêndio são aparelhos, geralmente portáteis, destinados a dar combate a princípios de incêndios por meio de injeção de substância extintora. Segundo Dutra (2002, p.254), os pós químicos secos são substâncias constituídas de bicarbonato de sódio, bicarbonato de potássio ou cloreto de potássio, que pulverizadas, formam uma nuvem de pó sobre o fogo, extinguindo-o por quebra da reação em cadeia, e por abafamento. O pó deve receber um tratamento anti-hidroscópico para não umedecer, evitando desta forma a solidificação do mesmo no interior do recipiente. Devendo os extintores sobre rodas serem pressurizados por nitrogênio, e os considerados portáteis pressurizados por dióxido de carbono ou nitrogênio.

É importante destacar que caso o combate com extintor esteja sendo realizado pela guarnição do caminhão de bombeiros, deve ser armada uma linha de mangueira para servir como proteção.

### **3.2.5.2 INCÊNDIO EM ANDAMENTO**

Uma situação em que o incêndio já tenha passado do estágio “princípio de incêndio”, ou seja, que não é mais tecnicamente viável extingui-lo utilizando apenas o extintor de incêndio, se

faz necessário então a intervenção de uma equipe com os meios adequados para efetuar o combate. Sendo acionado então, o caminhão de combate.

Após terem sido tomadas todas as providências preliminares, como estacionamento adequado do caminhão de combate, isolamento da área e análise prévia do local, o próximo passo é o combate ao incêndio propriamente dito. E em se tratando de incêndio em veículos movidos a GNV, algumas características especiais deverão ser observadas.

Os bombeiros combatentes que irão operar as linhas de ataque deverão estar equipados com o EPI completo, ou seja, capacete, capa de proteção térmica, botas, luvas e EPR, conforme mostra a figura 04:

Figura 04: Bombeiro equipado com EPI e EPR



Fonte: IBP

De acordo com o IBP, o ideal é que se estabeleça duas linhas diretas de 1½” com esguichos reguláveis, sendo que uma delas, além do combate, fique na função de proteção ao bombeiro combatente que atuará mais à frente com a outra linha diretamente nas chamas.

É importante que a aproximação ao veículo em chamas seja feita pela direção oposta ao local do veículo em que se encontra posicionado o cilindro de GNV. Geralmente esta aproximação será realizada pela frente do veículo. Este procedimento tem como objetivo a proteção física do bombeiro combatente, que desta forma pode utilizar como barreira física a própria estrutura do veículo em chamas. O ataque às chamas deve ser feito utilizando jato chuva e a proteção deverá ser feita utilizando-se jato neblinado. Para melhor entendimento a respeito do significado técnico dos jatos utilizados em combate a incêndio, observa-se o que esclarece Dutra (2002, p.413):

Jato é o formato dado a água ou outro agente extintor do esguicho ao ponto desejado através da pressão de operação. Através da pressão de operação do esguicho e da sua regulagem, o agente extintor adquire a forma desejada, que é ainda influenciada pela sua velocidade e pelo seu volume, pela gravidade e pelo atrito com o ar atmosférico.

Como resultado da correta aplicação dos jatos pode-se obter como resultado:

- Resfriamento decorrente da aplicação da água sobre o material em combustão.
- Redução da temperatura atmosférica dos ambientes, em razão da absorção e ou dispersão da fumaça e de gases aquecidos.
- Abafamento ocasionado pelo impedimento de oferta de oxigênio ao fogo.
- Proteção aos bombeiros ou mesmo de materiais, contra o calor irradiado, utilizando jato em forma de cortina de água.
- Ventilação obtida em razão do arrastamento da fumaça através do jato neblinado aplicado utilizando-se alta velocidade.

No combate a incêndios, os bombeiros podem se deparar com diversas situações, cada qual exigindo um método adequado para se efetuar um combate apropriado. Sob este ponto de vista, os jatos podem ser considerados como ferramentas, e desta forma haverá uma espécie de jato de acordo com cada propósito a ser atingido.

Existem, como foi citado, algumas formas de jatos utilizados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Segundo Dutra (2002, p.414,415) os jatos podem ser divididos em três tipos distintos, a saber: Jato compacto ou direto, jato chuva ou cortina d'água e ainda o jato neblinado.

De acordo com Dutra (2002, p.414,415), pode-se conceituar os jatos existentes da seguinte forma:

Jato compacto ou direto: É o jato que tem forma contínua, não ocorrendo a sua fragmentação logo após sua saída no esguicho. É utilizado quando se deseja maior alcance e penetração. (...) Por não estar fragmentado, o jato contínuo chegará ao ponto desejado com maior impacto, atingindo camadas mais profundas do material em chamas, o que pode ser observado em materiais fibrosos.

Jato chuveiro ou cortina d'água: Neste tipo de jato a água fragmenta-se em pequenas gotas. É utilizado quando se pretende pouco alcance. A fragmentação da água permite absorver maior quantidade de calor que o jato compacto ou direto. Nos ataques direto e indireto, o jato chuveiro atinge uma maior superfície, possibilitando um maior controle do incêndio.

Jato neblinado: Os jatos em forma de neblina são gerados por fragmentação da água em partículas finamente divididas, ficando o ar saturado como uma fina névoa úmida. Em virtude desta fragmentação, a água se vaporizará mais rapidamente que nos jatos compacto e chuveiro, absorvendo o calor com maior intensidade e velocidade. No formato de neblina, a água protegerá com maior eficiência os bombeiros e os materiais do calor irradiado.

Um cuidado importantíssimo a ser tomado neste tipo de ocorrência é o de não utilizar jato direto ou compacto sobre o cilindro de GNV aquecido, isto pode ocasionar uma fragilização naquele ponto do cilindro e desencadear a ocorrência de um BLEVE, visto no item 3.2.2, pondo em risco todas as pessoas que estiverem perto da ocorrência.

Os bombeiros que estiverem realizando o combate ao fogo com as linhas de mangueira não deverão aproximar-se a menos de três metros do veículo em chamas e se possível devem ficar agachados.

Assim que possível o bombeiro combatente deve fechar o registro de corte rápido de alimentação do GNV, que fica logo abaixo do capô do veículo. Na foto 17 pode-se observar um bombeiro realizando esta operação.

Foto 17: Corte da válvula do GNV



Fonte: IBP

Outra providência é desconectar os cabos da bateria do veículo, cessando a alimentação elétrica e desta forma evitando possíveis centelhas.

Após o fim completo das chamas, deve-se resfriar o veículo como um todo, utilizando jatos neblinados e caso se tenha a certeza de que o cilindro de GNV esteja vazio, não há mais o risco de ocorrer um BLEVE.

#### 4. CONCLUSÃO

O que é chamado veículo a GNV, convertido em nosso país, é um veículo bi ou tri-combustível. Isto é, possui um reservatório de gasolina e/ou álcool, e mais um de gás natural. Dadas as propriedades físicas do GNV, ele entra em ignição a temperaturas de 480 a 630 graus Celsius, de acordo com sua composição química. Como a gasolina ou o álcool entram em ignição a temperaturas mais baixas, conclui-se que o incêndio num veículo bi-combustível a GNV tem a tendência de ter sido iniciado pelo combustível líquido.

Uma vez iniciado o incêndio, ocorre a possibilidade de atingir o cilindro de armazenamento do gás, o qual está pressurizado à pressão máxima de 200 bar. O tamanho e o número desses cilindros são determinados pela disponibilidade de espaço nos diversos veículos, ou até mesmo pela vontade do usuário.

A primeira medida é retirar todas as pessoas da área perigosa, mantendo-as a uma distância mínima de 30 metros do veículo que estiver em chamas. O calor gerado pelo incêndio pode aumentar a pressão do gás armazenado. Por essa razão, os cilindros de armazenamento de GNV são todos equipados com dispositivos de alívio de pressão para atuar em casos como esse, evitando a ocorrência de um rompimento.

Na hipótese do veículo estar totalmente envolto em chamas e o cilindro estar sofrendo a ação do calor, não se deve lançar sobre ele um jato de água direto ou um jato sólido. Isso pode modificar as características de resistência do material. É necessário reduzir o calor no cilindro, através do uso de uma neblina de água, ou até mesmo monitorar o dispositivo de segurança, que entrando em funcionamento libera o gás contido e assim evita modificações na estrutura metálica do cilindro causadas pelo choque térmico.

Algumas considerações importantes a serem feitas por equipes que atuarão em ocorrências envolvendo GNV:

- Sempre se deve considerar que qualquer veículo possa tratar-se de um veículo convertido para GNV e que possa estar com algum tipo de irregularidade quanto a instalação, estando atento para os riscos de um BLEVE.

- Não se sabe o volume existente de combustível líquido e materiais inflamáveis;
- Não se pode avaliar qual o volume de GNV no cilindro;
- Não se sabe se os dispositivos de segurança liberaram o GNV;
- Não se pode saber também a que temperatura está o cilindro;

Ações mais comuns a serem adotadas e que devem estar sempre à mente dos bombeiros combatentes:

- Não utilizar jato de água “sólido”, diretamente no cilindro; o incêndio começa normalmente no motor;
- Utilizar jato de água em forma de chuveiro ou neblina (dependendo de cada caso) ;
- Manter-se a uma distância do veículo de pelo menos três metros;
- No primeiro momento, manter-se agachado, deitado, ou mesmo protegido por outro veículo próximo, poste, árvore ou paredes.

Estes cuidados são importantes porque, infelizmente, como acontece em todos os demais setores de atividades, não podemos deixar de mencionar que aqui também o fator humano interfere na avançada tecnologia que foi desenvolvida para a conversão de veículos a GNV. As interferências vão dentre inúmeras outras, desde a obstrução de dispositivos de segurança, eliminando-os parcial ou totalmente, indo até a utilização de componentes inadequados para suportar a pressão de 200 bar.

O uso de gás natural veicular pode ser considerado seguro, dadas suas características de inflamabilidade, superior a qualquer outro combustível líquido, e amplamente utilizado em todo o mundo em mais de três milhões de veículos. O Brasil conta com a segunda maior frota de veículos a GNV do mundo, depois da Argentina, que tem um milhão e duzentos mil veículos usando esse combustível.

O Brasil incorporou, além da alta tecnologia, um rol de normas técnicas e regulamentos, de alto cunho técnico. As normas adotadas para a fabricação de componentes em geral e no cilindro de armazenamento do gás em particular, são baseadas nas normas ISO - International Standards Organization e confirmadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e pelo INMETRO. Além das normas citadas, o INMETRO já dispõe de toda a regulamentação necessária, também baseada em práticas em todo o mundo, para garantir a

segurança e qualidade dos componentes e de sua instalação nos veículos. A utilização dessas normas e regulamentos é fiscalizada por organismos credenciados pelo INMETRO.

Portanto, como não poderia ser diferente, também o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, ciente do grande aumento de número de veículos movidos a GNV que estão e estarão presentes em nossas ruas, preocupa-se com a segurança de seus usuários.

Desta forma, busca o aprimoramento técnico para atender ocorrências envolvendo veículos movidos a GNV, que segundo perspectivas, tendem a aumentar muito em nosso estado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Giovanni Moraes de. **Segurança na Armazenagem, Manuseio e Transporte de Produtos Perigosos – Gerenciamento de Emergência Química**. 2ª edição, Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2005. 948 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO GÁS NATURAL VEICULAR . **O Uso do Gás Natural em Veículos**.

Disponível em <[www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)> Acesso em 17 de fevereiro de 2008.

BOSCH DO BRASIL S/A – **Tecnologia Bosch para GNV**.

Disponível em: <[www.bosch.com.br](http://www.bosch.com.br)>. Acesso em 21 de março de 2008.

Centro de Tecnologia do Gás. **O que é GNV?**

Disponível em <[www.ctgás.com.br](http://www.ctgás.com.br)> Acesso em 16 de fevereiro de 2008.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tática e técnica de combate a incêndio em gás natural veicular ( GNV ) / POP: INC– 010**. São Paulo, 2005.

DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito. **Legislação**.

Disponível em: <[www.detran.sc.gov.br](http://www.detran.sc.gov.br)>. Acesso em 17 de março de 2008.

Dutra, Ricardo Luiz *et al.* **Instrução Modular da Polícia Militar de Santa Catarina**. Florianópolis/SC: Editora Nova Prova, 2002. 440p.

Fundação Getúlio Vargas. **Pesquisas Econômicas**.

Disponível em: <[www.fgv.br](http://www.fgv.br)> Acesso em 21 de março de 2008.

Gás Brasil. **Artigos Técnicos e Palestras**.

Disponível em <[gasbrasil.com.br](http://gasbrasil.com.br)> Acesso em 19 de fevereiro de 2008

HADDAD, Edson. **Prevenção, preparação e resposta a desastres com produtos químicos**. São Paulo, 2008.

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. **O Papel Estratégico do GNV**.

Disponível em: <<http://www.ibp.org.br>> Acesso em 02 de março de 2008.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Relação de Oficinas Convertedoras e Postos de Abastecimento de GNV**.

Disponível em: <[www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)>. Acesso em: 07 de fevereiro 2008.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETROLEO E GÁS. **Combate a incêndios em veículos movidos a GNV**. Elaborado pela ROOSTER prestação de serviços técnicos S/C LTDA, 2003.

IPIRANGA S/A. **Gás Natural.**

Disponível em: <[www.ipiranga.com.br](http://www.ipiranga.com.br)>. Acesso em 21 de março de 2008.

JUNIOR, Carlos Alberto Simas. **.Atendimento a emergências com gás natural veicular.**

Rio de Janeiro, 2001.

KREITH, Frank. **Princípios da transmissão de calor.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

Losso, Diogo Bahia. **Apostila de Operações de Resgate. Gás Natural Veicular.** Florianópolis/SC, 2004. 23p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Características do GNV.**

Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em 17 de março de 2008.

NFPA (National Fire Protection Association). **Explosão fatal.**

Disponível em: <<http://www.resgate.com.br>> Acesso em 27 de março de 2008.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, Táticas e Técnicas de Combate a Incêndio Estrutural – Comando e Controle em Situações de Incêndio.** Florianópolis, SC: Editora Editograf, 2005. 136p.

Petrobrás – Petróleo Brasileiro S/A. **A história do petróleo – espaço conhecer.**

Disponível em: <[www.Petrobras.com.br](http://www.Petrobras.com.br)> Acesso em 02 de fevereiro de 2008.

POLIPEC S/A. **Cilindros de GNV.**

Disponível em: <[www.polipec.com.br/gnv.php](http://www.polipec.com.br/gnv.php)> Acesso em 21 de março de 2008

Redegas energia. **Tecnologia em Kit Gnv.**

Disponível em <[www.redegasenergia.com.br](http://www.redegasenergia.com.br)> Acesso em 16 de março de 2008.

ROMA S/A - MULTIMARCAS. **Gás Natural.**

Disponível em: <[www.troia.com.br](http://www.troia.com.br)> Acesso em 18 de março de 2008.

Skala-Gás S/A. **Montagens e componentes.**

Disponível em: <[www.skalagas.com.br](http://www.skalagas.com.br)> Acesso em 21 de março de 2008.

SEDEC/CBMERJ. **O perigo do uso indevido de gás.**

Disponível em:<[www.defesacivil.rj.gov.br](http://www.defesacivil.rj.gov.br)> Acesso em 08 de março de 2008.

WILLE, Vanessa Beatriz. **Considerações Econológicas do gás natural veicular.** Disponível em: <[www2.pucpr.br](http://www2.pucpr.br)> Acesso em 14 de março de 2008 .