

AVALIAÇÃO TÉCNICA DO FORNECIMENTO DE GNV A PARTIR DO GNL EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Edson Carlos Germano

edson.germano@hotmail.com

Dr. José R. Simões Moreira

jrsimoes@usp.br

A utilização da tecnologia de transporte do gás natural na forma líquida (GNL) apresenta-se de forma muito recente em nosso território, aliada de importação de GNL pelo Brasil, como resultado dos recentes projetos da Petrobras, PECEM no Ceará e Bacia de Campos no Rio de Janeiro, com isso espera-se que um maior número de regiões do país, hoje não atendidas por gasodutos, possa receber e utilizar o gás natural como fonte energética de forma economicamente viável. O objetivo deste trabalho é apresentar uma alternativa técnica a comercialização de GNV em postos de combustíveis onde não exista uma rede de gasodutos ou distribuição canalizada do gás natural. Isto se torna possível através da utilização do GNL, e sua posterior re-gaseificação, como fornecimento alternativo de gás natural para a comercialização do GNV

Palavras chave: Gás Natural Liquefeito, Gás Natural Veicular, Posto de Combustíveis.

1. Introdução

O gás natural é uma fonte de energia e, portanto, participante da matriz energética brasileira. Dessa forma, sua utilização reflete um processo de competição com as demais fontes energéticas. Um dos principais promotores do crescimento do uso do gás natural é o critério econômico, uma vez que o energético apresentou e ainda apresenta preços mais atraentes quando comparado a outros concorrentes, como o óleo combustível. Entre as vantagens competitivas do gás natural destaca-se o atendimento às questões ambientais, na redução de emissão de poluentes atmosféricos.

O uso do gás natural vem sendo amplamente incentivado, tanto pelo governo brasileiro como por instituições de pesquisa energética e proteção do meio ambiente, pois entre as vantagens de seu uso pode-se destacar uma menor emissão de poluentes na atmosfera. O gás natural é composto por gases inorgânicos e hidrocarbonetos saturados, predominando o metano e, em menores quantidades o propano e o butano. Sua combustão é limpa, isenta de fuligem e outros materiais que possam prejudicar o meio ambiente. O principal componente do gás natural é sempre o metano (que representa normalmente 70% a 90% do volume total da mistura). Os outros hidrocarbonetos presentes na mistura do gás natural são o etano, propano e butano (os quais raramente ultrapassam 15% do total). Para além destes componentes, podem também estar presentes dióxido de carbono, nitrogênio, ácido sulfídrico e ainda pequenas quantidades de hélio e argônio.

Quando o gás natural é refrigerado a uma temperatura de -162°C na pressão atmosférica, condensa-se a um líquido chamado gás natural liquefeito (GNL). A principal vantagem do GNL sobre o gás natural em estado gasoso na pressão atmosférica é que seu volume é 600 vezes menor. Além disso, o GNL pesa somente 45% do mesmo volume de água. A vantagem do volume e do peso do GNL facilita o armazenamento e o transporte de grandes quantidades de gás para o local de consumo.

O armazenamento do GNL é feito em tanques criogênicos, que são construídos com paredes duplas contendo vácuo entre elas, projetados para possibilitar sua manipulação a temperatura externa ambiente, mantendo baixa a temperatura interna. Para ser utilizado, o GNL deve ser re-vaporizado e ajustado à pressão requerida no uso final. O processo de obtenção do GNL possibilita a liquefação seletiva em estágios de temperatura, permitindo separar o metano dos outros componentes do gás, devido às diferentes temperaturas de liquefação, isolando também as impurezas. Desta maneira o GNL obtido possui maior quantidade de metano que o gás original, e mais adequado ao uso veicular.

2. O cenário nacional de produção de GNL

O panorama brasileiro com relação a produção do GNL mudou devido a Joint Venture feita entre a PETROBRAS e a White Martins, dando origem à primeira Planta de Liquefação de Gás Natural do Brasil, localizada em Paulínia (São Paulo) com capacidade de liquefazer 380 mil m^3/dia . Trata-se de uma planta de liquefação de pequena escala chamada GASLOCAL, que produz GNL a um custo de 10% a 15% do preço do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e por isso vem despertando o interesse das indústrias.

O objetivo da GASLOCAL é levar o gás em carretas para locais que não são atendidos por gasodutos, e atualmente, a unidade de liquefação instalada em Paulínia é capaz de abastecer o interior de São Paulo, norte do Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal e Sul de Minas até um limite de 1000km, a partir desta distância, segundo a própria GASLOCAL, a operação torna-se economicamente inviável.

Esta nova alternativa para o transporte de gás natural atende as regiões não abastecidas por gasodutos e viabiliza o suprimento de gás natural para indústrias dos ramos alimentício, metalúrgico, cerâmico e químico, entre outros, assim como postos de GNV e concessionárias estaduais de gás natural canalizado. Para essas concessionárias, a chegada do GNL representa a antecipação de suas atividades, ajudando-as a atender os requisitos de crescimento das redes exigidos pelos estados.

2.1. O transporte e distribuição do GNL

O GN pode ser transportado até o mercado consumidor através de dutos ou via sistemas de transporte alternativos, os gasodutos virtuais. Esse sistema utiliza caminhões com carretas especiais, que possuem capacidade de transporte de grande volume de gás natural comprimido ou liquefeito e que são abastecidas nas estações de compressão/liquefação atendidas pelo gasoduto. Segundo alguns estudos já feitos nessa área, estas carretas transportam o GNC ou GNL até outra região, desprovida de infraestrutura dutoviária em um raio de 200Km (no caso do GNC) e até 1000Km (no caso do GNL). Liquefeito, o gás natural é armazenado e transportado em carretas criogênicas, com capacidade de 50m³ de GNL (12 toneladas), o que equivale à cerca de 30 mil m³ de gás natural.



Figura 1. Caminhão Equipado com Carreta para Transporte de GNL

Fonte: GASLOCAL 2006

O tanque de transporte de combustível do caminhão atua como um isolante térmico entre o líquido interno e o meio exterior. Na construção do tanque é utilizada a perlita como isolante térmico em conjunto com uma manta superisolante. O tanque é composto por dois cilindros, um tanque interno construído com Aço Inox 304 ou Aço Carbono com 9% de níquel e um tanque externo construído com material usual. Entre os dois tanques é mantido um afastamento mínimo e presença de vácuo para melhor a função isolante.

3. Posto de GNV abastecido por GNL

O GNL utilizado para fornecer GNV em um posto de combustíveis é bombeado do local de armazenamento através de uma bomba criogênica que aumenta sua pressão para um vaporizador atmosférico, onde através de processos de troca de calor, o GNL sofrerá o processo de regaseificação. Em seguida o gás obtido será armazenado em tanques de armazenamento a determinada pressão para posterior utilização no fornecimento de GNV aos veículos.

Um posto abastecido por GNL não requer compressores para armazenar o gás natural em cilindros de alta pressão. O GNL é bombeado através de uma bomba criogênica para um vaporizador de alta pressão, que permite transferir o gás diretamente para os cilindros do posto.

Uma vez que o posto GNL não requer investimento em capacidade de compressão, o custo de investimento do posto se reduz em cerca de investimento do posto se reduz em cerca de 20% a 30%, quando comparado a um posto padrão abastecido por gasoduto (IANGV, 1997).

Entretanto algumas desvantagens desse sistema dificultam a utilização desse recurso para pequenos usuários. Se comparado ao sistema convencional de GNV, a instalação de uma planta de GNL para obtenção de GNV requer unidades e dispositivos específicos para a tecnologia criogênica, como o tanque de GNL, bomba de GNL, e vaporizador de GNL. O custo dos equipamentos que desempenham a mesma função nos dois sistemas, para funcionamento da tecnologia GNL acaba sendo maior, entre 30% a 50% do valor dos equipamentos para uma instalação convencional. Além disso, uma vez que um espaço para a instalação dessas unidades e dispositivos necessários requeridos é maior, a área terrestre necessária também se torna maior do que a do sistema convencional.

Tabela 1. Tabela de vantagens e desvantagens do GNL

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Eliminação de impurezas e inertes no processo de liquefação• Elevada relação entre quantidade de produto transportado e peso total do transporte• Equipamentos de armazenamento e transferência de tecnologia comercial	<ul style="list-style-type: none">• Necessidade de planta para liquefação do gás• Perdas de produto no processo de liquefação, transporte e armazenamento• Operação em temperatura criogênica• Custo elevado dos tanques de armazenamento• Necessidade de criação de infra-estrutura de logística para abastecimento

3.1. Estrutura do sistema Gás Natural Líquido - Comprimido

Um posto de GNV padrão, abastecido via GNL, é composto pelos seguintes equipamentos:

- Tanques criogênicos de GNL;
- Vaporizadores atmosféricos;
- Quadro de regulação de pressão;
- Medidores de pressão, vazão, temperatura;
- Detectores de chama e gás;
- Bombas criogênicas;
- Vaporizador atmosférico e sistema de odorização do gás;
- Tanque de armazenamento de GNC e
- Dispenser de GNV.

O GNL é regaseificado através de vaporizadores atmosféricos de alta pressão, após a regaseificação ocorre a injeção de odorante, preparando o gás para o consumo.

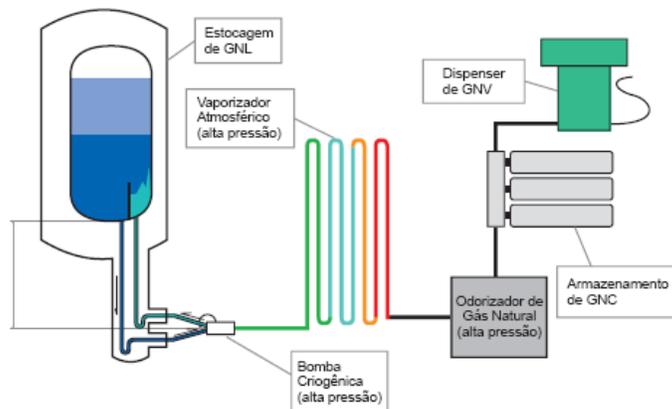


Figura 2. Instalação típica de GNL em postos de GNV

Fonte: GASLOCAL 2006

O armazenamento de combustíveis líquidos quer sejam os tradicionais gasolina, álcool e diesel, bem como o GNL, no posto de combustíveis permite ao mesmo ser abastecido a partir de diferentes fornecedores. A utilização de GNL mostra-se mais flexível neste aspecto, enquanto que o fornecimento de GNV a partir do GNC é realizado exclusivamente por um fornecedor que detém a permissão de distribuição do gás natural através de gasodutos instalados na cidade ou região.

3.2. Abastecimento do Reservatório de GNL do Posto

O procedimento de transferência do GNL a partir do caminhão de abastecimento pode ser realizado através de duas formas, através da ação da força da gravidade ou através do uso de bombas. A utilização de uma bomba reduz significativamente o tempo de transferência do GNL. Esta bomba pode ser acoplada no caminhão ou na estrutura de recebimento do posto. Estas bombas podem ser manuais ou automáticas, e devem obedecer a padrões e normas de segurança especificadas por órgãos reguladores.



Figura 3. Abastecimento do reservatório de GNL através do caminhão

3.3. Reservatório de GNL

O GNL é armazenado em tanques criogênicos. A tecnologia de isolamento à vácuo garante segurança na armazenagem e mínima transferência de calor entre o líquido e o exterior do tanque. Os tanques de armazenagem de GNL podem ser construídos na vertical ou horizontal e em diversos tamanhos. A fim de permitir o monitoramento em tempo real dos tanques, esses são acoplados de sensores responsáveis pelo monitoramento do nível e pressão no interior.

O tanque reservatório presente no posto é construído de forma semelhante ao utilizado no caminhão de transporte. Em sua construção é utilizada também a perlita para melhorar o isolamento térmico. A capacidade média do tanque de armazenagem de GNL é variável, no Brasil vem sendo utilizado o tanque com capacidade de 45 m³ de GNL. Na parte superior do tanque reservatório existe uma válvula de descompressão, essa válvula é controlada por um sistema computadorizado de monitoramento.



Figura 4. Tanques de armazenagem de GNL.

Apesar do tanque possuir isolamento térmico, o mesmo não possui eficiência de 100%, assim com o tempo uma pequena quantidade de GNL é vaporizada no seu interior, então para evitar que a pressão interna do tanque aumente, a válvula de descompressão é acionada pela central de monitoramento liberando esse gás para o ambiente exterior. Devido a suas propriedades físico-químicas já enumeradas o GN liberado se dissipa facilmente na atmosfera sem causar riscos à instalação.

3.4. Bomba de GNL

A bomba de GNL deve ser instalada para aumentar a pressão do GNL de 0,2~0,3 MPa para 25 MPa. A bomba de GNL deve ser usada para fornecer ao vaporizador o fluido a pressão elevada requerida e vazão determinada. Para evitar eventuais problemas no funcionamento, a pressão no reservatório de armazenagem de GNL deve ser monitorada e mantida constante. Por questões de custos de manutenção opta-se pela utilização de bombas verticais para o bombeamento do GNL no processo de vaporização. Este tipo de bomba possui o corpo principal armazenado em um pequeno invólucro de isolamento térmico sob vácuo. A bomba deve ser instalada o mais próximo possível do tanque de GNL para minimizar as perdas de calor e escoamento da tubulação.



Figura 5. Bomba criogênica modelo PD3000 – fabricante Cryostar

3.5. Vaporizador atmosférico de alta pressão

São equipamentos onde efetivamente acontece a transformação do GNL em GNC através da troca de calor por convecção forçada. O vaporizador de GNL é projetado para regaseificar o gás natural liquefeito em temperatura criogênica através de processos de troca de calor. Existem dois tipos básicos de vaporizadores, o tipo "Open Rack type (ORV)", onde o trocador de calor fica exposto à atmosfera, e o tipo "Submerged Combustion type (SMV)" onde o trocador de calor fica submerso em água.

Os vaporizadores ORV podem utilizar água ou ar atmosférico no processo de troca de calor. São usados preferencialmente devido ao baixo custo de operação, construção simples, fácil manutenção, alta confiabilidade e segurança.

3.6. Odorizador de Gás Natural

De acordo com legislação específica existente no Brasil, o gás natural comercializado na forma de combustível GNV deve ser odorizado para posterior comercialização. Por isso faz-se necessária a instalação de uma unidade de odorização do gás. O gás natural pode ser odorizado artificialmente com “etil-mercaptana”, componente químico que lhe confere um cheiro característico, tornando possível a detecção de vazamento. O odor do gás natural é semelhante ao do gás de cozinha tradicional, já que este passa pelo mesmo processo de odorização.

3.7. Unidade de armazenamento de GNC e “dispensers”

Os equipamentos instalados depois do vaporizador GNL são basicamente os mesmos equipamentos de uma instalação convencional de reabastecimento de GNV, portanto os equipamentos convencionais podem ser utilizados nesta parte da estrutura.

3.8. Alternativas para utilização do calor absorvido na regaseificação do GNL

Durante o processo de volta ao estado gasoso, o GNL tem a capacidade de esfriar os materiais ao seu redor, ou seja, absorver calor desses materiais. Para aumentar a temperatura do GNL do seu estado líquido, cerca de $-161,5^{\circ}\text{C}$, para o estado gasoso a 0°C é necessário absorver aproximadamente 200 kcal por kg de GNL. Nessas 200 kcal estão incluídas 120 kcal de calor latente mais 80 kcal de calor sensível.

É importante assinalar que a energia gasta para gerar temperaturas baixas cresce drasticamente quanto mais baixa for a temperatura final. Portanto, quanto mais baixa a temperatura em que é usada a capacidade de absorção de calor do GNL maior o mérito termodinâmico do seu uso. O calor absorvido no processo de regaseificação (“frio”) do GNL também pode ser utilizado para geração de energia, isto é, a partir da do frio do GNL é possível aumentar o rendimento de turbinas.

De maneira geral, os processos industriais que podem usufruir a absorção de calor vinda da regaseificação do GNL o fazem através de um fluido refrigerante intermediário, sendo que apenas este participa ativamente do processo de resfriamento, independente da finalidade da energia envolvida no processo.

Pode-se então destacar as seguintes utilidades para o calor absorvido pelo GNL em postos de combustíveis:

- Refrigeradores (alimentos, bebidas)
- Ar condicionado

Os sistemas de refrigeração funcionam com um fluido refrigerante. Exemplos de refrigerantes podem ser: a amônia (NH_3), dióxido de enxofre, hidrocarbonetos halogenados, e o mais conhecido de todos, o freon. Nos últimos anos uma nova geração de compostos não prejudiciais para a camada de Ozônio, tem vindo a ser cada vez mais utilizada.

4. Simulação da utilização do calor absorvido pelo GNL em um trocador de calor

A vaporização do gás natural foi analisada através da troca de calor na forma inundada, isto é, o GNL se encontra na parte externa do trocador, enquanto um fluido de aquecimento passa por dentro dos tubos.

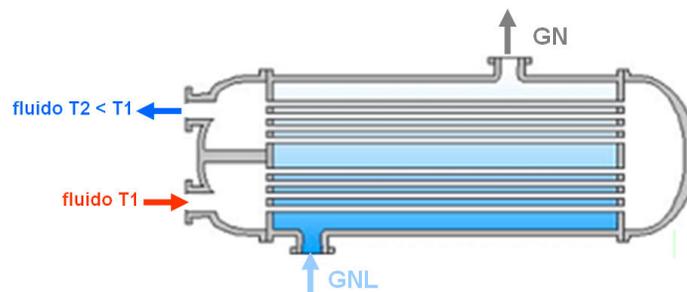


Figura 6. Trocador de calor inundado (Evaporador de GNL)

A análise da troca de calor será realizada através da fixação de parâmetros, no que se refere ao gás natural e ao fluido de aquecimento. Foi realizada uma simulação utilizando-se a amônia como fluido refrigerante. A reutilização da energia “fria” que o fluido de trabalho carrega se dá através do esquema abaixo, figura 7, e seus parâmetros resumem-se na tabela 34.

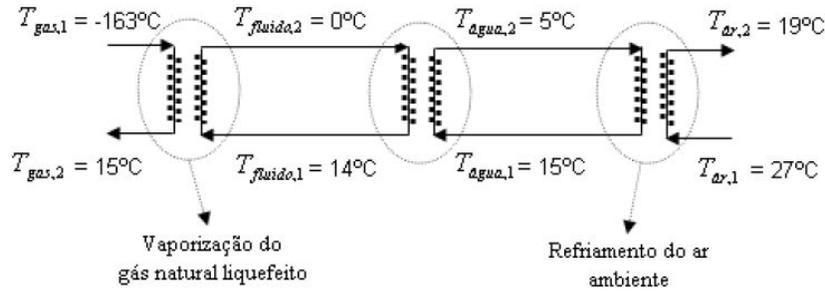


Figura 7. Esquema da troca de calor para reutilização da energia “fria” em condicionamento de ambientes (LIAO, 2007)

Tabela 2 .Parâmetros usados no calculo da utilização da energia “fria” do GNL

	Temp. Entrada		Temp. Saída		Variação	C _p [kJ/kg.K]
	°C	K	°C	K		
amônia	14	287	0	273	14	2,17
água	15	288	5	278	10	4,19
ar	27	300	19	292	8	1,00

Desta maneira, como o mesmo valor de Q de vaporização do gás natural calcula-se pela equação de energia o fluxo mássico de ar que pode ser resfriado. Nessa análise apenas o fluxo de calor do processo de vaporização do gás entra na equação, dessa forma o fluido de aquecimento não interfere nos resultados.

$$q = \dot{m}_{gas} c_{p,gas} (T_{gas,2} - T_{gas,1}) + \dot{m}_{gas} h_{fg} = \dot{m}_{ar} c_{p,ar} (T_{ar,2} - T_{ar,1}) \quad (1)$$

O gráfico dos valores estimados para o fluxo mássico de ar atingidos no condicionamento de ambientes é mostrado na figura 8.

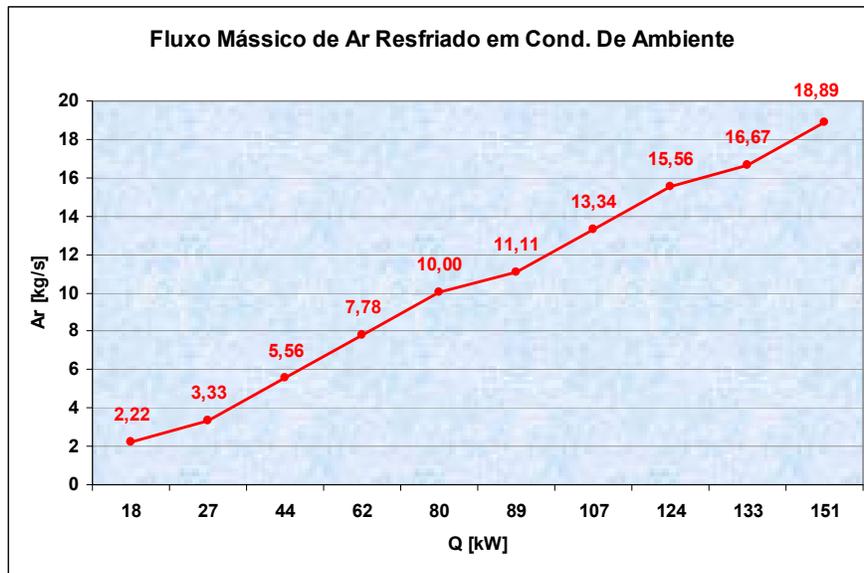


Figura 8. Fluxo mássico resfriado no condicionamento de ambiente em função Q [kw]

5. Conclusões

A utilização do GNL como fornecimento de GNV mostra-se uma solução tecnologicamente e economicamente viável, tal praticidade pode ser comprovada pelo numero de instalações hoje existente. Sob a forma de GNL, o gás natural pode ser armazenado e transportado através de carretas, da estação de liquefação/compressão até o mercado consumidor, formado por postos de GNV ou indústrias que necessitam do gás natural para melhorar sua produção, dispensando a utilização de gasodutos. A criação dos chamados gasodutos virtuais, sejam eles via GNL ou até mesmo GNC, permitem aumentar a participação do gás natural na matriz energética brasileira. Além disso, os chamados “gasodutos virtuais”, quando relacionadas ao mercado interno, são uma das formas mais eficientes para suprir regiões com baixas ou médias demandas, que não justificam o elevado investimento em gasodutos.

O GNL utilizado para fornecer GNV em um posto de combustíveis apresenta-se como uma alternativa extremamente viável e segura para desenvolver toda uma cultura de conversão de veículos e utilização do GNC em pequenos centros comerciais e áreas distantes ou ainda não atendidas por gasodutos. Para isso deve ser instalada no local de recebimento do GNL uma UAG (Unidade Autônoma de Regaseificação), composta por um tanque criogênico de armazenamento, uma bomba criogênica, um evaporador e um módulo de armazenamento de GNC e os dispensers de abastecimento. O custo energético de operação dos equipamentos, se comparado a uma instalação tradicional de fornecimento de GNV, pode chegar a ser até 30% menor, devido às características dos equipamentos necessários para se trabalhar com o GNL.

Outra vantagem associada ao GNL, refere-se a possibilidade da utilização da energia “fria” (calor absorvido) gerado no processo de regaseificação do gás natural. Durante o processo de volta ao estado gasoso, o GNL acaba absorvendo grande quantidade de calor dos materiais a sua volta, tal característica poderá ser utilizado para esfriar materiais ou fluidos de trabalho. O “frio” do GNL poderá ser utilizado no sistema de condicionamento de ar da instalação, poderá ainda também ser usado na refrigeração nos equipamentos de refrigeração existentes no local, e ainda também pode ser utilizado para geração de energia, isto poderia ser possível com a utilização de equipamentos específicos instalados em paralelo com o sistema de regaseificação.

5. Referências

- GASLOCAL. Gás Natural Liquefeito, Mais Energia para seu Negócio. Folheto de divulgação, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <http://www.gaslocal.com.br>.
- IANGV(1997). Chapter 6: Gas Supply and Refuelling. International Association for Natural Gas Vehicles. Position Paper Disponível em: <http://www.iangv.org/>. Acesso em setembro de 2008.
- Incropera, F. P.; Dewitt, D.P. “Transferência de Calor e de Massa”. Editora LTC.
- LIAO, PATRICIA W. S. Utilização da energia “fria” de regaseificação do gás natural liquefeito em outras aplicações, trabalho de formatura da Universidade de São Paulo - São Paulo, 2007.

6. Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

TECHNICAL EVALUATION OF CNG SUPPLY FROM LNG IN GAS STATIONS

Edson Carlos Germano

edson.germano@hotmail.com

Dr. José R. Simões Moreira

jrsimoes@usp.br

Abstract. Transportation of LNG is a very recent practice in Brazil, resulting from Petrobras initiatives in PECEM, Ceará, and Campos, Rio de Janeiro. It is expected that markets not yet supplied through pipelines could employ natural gas as an energetic source economically viable. This report aims to present a technical alternative to VNG (Vehicle Natural Gas) selling in refueling stations where pipelines are not available. This could be possible through LNG.

Keywords. *Liquefied Natural Gas, Vehicle Natural Gas, Gas Stations*