



A UTILIZAÇÃO DO GNV FRENTE A OUTROS COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS NA PARAÍBA

Yasmin Maria da Silva Menezes¹, Renan Pires de Araújo¹, Álvaro Gustavo Paulo Galvão²,
Kleber Ricardo de Oliveira Pereira³, Adriana Almeida Cutrim⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica -
yasminmsmenezes@gmail.com, eng.renanpires@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alvarogusthavo@hotmail.com

³ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais -
kleberonric@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica -
adrianaacutrim@gmail.com

RESUMO

O Gás Natural Veicular (GNV) tem todas as propriedades físicas e químicas dos quais um veículo necessita para um bom desempenho, além do que trata-se de um combustível limpo que possui o menor preço de comercialização no mercado, quando comparado à gasolina e ao etanol. Devido à crise financeira ocorrendo no país, o custo com o uso da gasolina e etanol aumentou significativamente, destacando o crescimento do GNV no mercado. Este trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento do uso do GNV frente ao uso dos outros combustíveis tradicionais em veículos leves na Paraíba, identificando algumas vantagens técnicas e ambientais e, sobretudo, sua viabilidade econômica no Estado. A metodologia empregada a fim de se alcançar os objetivos foi a pesquisa qualitativa de caráter descritivo e levantamento de dados fornecidos pela PBGás a cerca da situação do GNV na Paraíba. Por meio da pesquisa efetuada, foi possível evidenciar os benefícios do GNV e comprovar a redução de custos com a utilização desse combustível no estado da Paraíba.

Palavras-chave: GNV, combustível, custo, Paraíba

1. INTRODUÇÃO

Na década de 80, a falta de combustíveis líquidos, principalmente nos países da Europa, deu origem à aplicação do gás natural nos motores veiculares. Em 1988, essa ideia chegou ao Brasil com a elaboração do Plano Nacional de Gás para Uso no Transporte, o PLANGÁS, cujo objetivo visava substituir o uso do diesel das frotas pesadas por gás natural. Entretanto, a pequena diferença entre os preços desses combustíveis e a escassez de postos de abastecimento, inviabilizaram economicamente a conversão da frota nacional. Em 1992 o gás natural iniciou

seu desenvolvimento efetivo e foi viabilizado como combustível alternativo como uma estratégia do governo federal de aumentar sua participação na matriz energética nacional de 2% para 12% [CAVALCANTI, 2005].

A regulamentação do gás natural veicular (GNV) se deu oficialmente no ano de 1996, sendo possível converter qualquer veículo onde o combustível estivesse disponível [CAVALCANTI, 2005]. Como esperado, os donos dos veículos movidos à gasolina e a etanol aderiram ao programa de GNV devido ao diferencial de preços e à relação custo/benefício favorável ao novo combustível [NAPPO, 2009].



Até 1997 a Petrobras manteve o monopólio na produção no transporte de gás natural, cabendo às distribuidoras estaduais a distribuição e venda de gás aos consumidores residenciais e industriais. Com a Lei 9.478/97, instituições privadas puderam atuar na cadeia do petróleo e gás natural e, dentre elas, pode-se citar a Companhia Paraibana de Gás (PBGás) [SOUSA, 2009].

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) [2003], em meados da década de 90 o uso do GNV foi liberado pelo Governo após a indicação clara de que este produto poderia ser fornecido aos veículos de passeio em geral e então, a partir daí, toda a cadeia do gás natural vem apostando na expansão do mercado de GNV.

A Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (ABEGÁS) [2014] afirma que, no Brasil, houve um aumento de 18,4% de conversões do ano de 2013 para 2014 e acredita-se que o aumento do preço dos combustíveis tradicionais, principalmente a gasolina, vem contribuindo para o crescente número de conversões.

2. CONVERSÃO PARA GNV

A conversão do veículo não altera a utilização do combustível original. Na oficina, o veículo deve passar por uma avaliação técnica completa que verifica e comprova a viabilidade da instalação do kit gás e o seu funcionamento com gás natural. Nesta avaliação, o mecânico-técnico verifica se é necessária a substituição de alguns itens, como: sistema de ignição; sonda lambda, que gerencia as informações para ajuste de mistura; o atuador de marcha lenta, responsável por manter o regime de marcha lenta sempre no mesmo valor, independente do combustível; filtro de ar,

o qual garante a estabilidade da primeira regulagem do equipamento; a taxa de compressão; entre outros [SANTOS, 2002].

Após a instalação do kit, é necessário abastecer o sistema com pressão normal de trabalho, de 200 a 220 kgf/cm², onde os riscos de vazamento são verificados. Na conversão, é necessário que um conjunto de equipamentos seja instalado no motor, como os cilindros (conjunto de reservatórios que condicionam o gás), rede de tubos de alta e baixa pressão, dispositivo regulador de pressão, válvula de abastecimento, dispositivo de troca de combustível e indicadores de condição do sistema [GÁS POINT, 2014].

Os kits podem ser de 2^a, 3^a ou 5^a geração, cujas diferenças mais significativas estão no sistema de alimentação do combustível. Os kits de 2^a geração utilizam um sistema de monoponto não gerenciado, ou seja, um carburador, onde o GNV é aspirado de forma fixa, com regulagem manual, recomendados para veículos com ano de fabricação até 1996. Os kits de 3^a geração possuem sistemas de monoponto gerenciado, com injeção direta em um único ponto (GNV aspirado variavelmente e controlado por válvula eletrônica) e regulagem manual, recomendados para veículos fabricados a partir de 1996. Finalmente, os kits de 5^a geração utilizam sistemas multiponto, isto é, de injeção eletrônica, onde o GNV é injetado (não aspirado) e controlado pela central de injeção eletrônica do kit GNV. Sua regulagem é eletrônica e esses kits são recomendados para veículos fabricados a partir de 2007 [GÁS BRASILIANO, 2014].



O motor movido à GNV funciona com o deslocamento do gás do cilindro para o redutor de pressão, onde a mesma será adequada para o funcionamento do motor, através de um tubo de aço de alta pressão. Para chegar ao motor, o gás passa pelo motor de passo, que regula a mistura oxigênio/combustível através do gerenciador eletrônico. Posteriormente, o gás vai para o misturador, que aspira o GNV e o insere no motor, onde será queimado e os gases provenientes da queima são liberados pelo escapamento. No escapamento está localizada uma sonda lambda, que faz a medição dos gases emitidos pela descarga e verifica se a queima está correta, pois do contrário, a sonda envia a informação ao gerenciados que corrige a mistura através do motor de passo [FULL GÁS, 2014].

A maior desvantagem na conversão do veículo é a perda de espaço no porta-malas em decorrência da instalação do cilindro de gás, o qual é o reservatório do combustível. O cilindro mais comum tem capacidade para armazenar 15 m³. Para carros pequenos existe a opção de utilizar cilindros de 7,5 m³ e para carros de maior porte existem os cilindros de 17 m³, 21 m³ e 24,5 m³. A opção de utilizar os cilindros debaixo do carro também é possível, porém seria necessária a substituição do escapamento e em alguns casos, remover ou modificar a caixa do estepe, que implica em um custo maior e desnecessário [GÁS POINT, 2014].

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

3.1. Ambientais

A combustão do gás natural não produz óxido de enxofre, chumbo e

particulados e dentre os outros combustíveis, o GNV é o que produz a menor quantidade de dióxido de carbono (CO₂), não emite fumaça preta e nem odores, além de sua combustão ser mais lenta, permitindo significativa redução do ruído dos motores [AMBIENTE ENERGIA, 2014]. E também devido aos combustíveis líquidos serem mais voláteis, eles evaporam de modo descontrolado, ao passo que a fuga de GNV dos cilindros praticamente não acontece, inclusive no abastecimento do combustível.

Segundo o Portal Ambiente Brasil [2014], o uso do GNV age na redução dos níveis de poluição atmosférica e seu uso adequado pode reduzir as emissões de monóxido de carbono (CO) em 76%, de óxidos de nitrogênio (NO_x) em 84%, e de hidrocarbonetos pesados (C_nH_n) em 88%, praticamente eliminando as emissões de benzeno e formaldeídos, que são cancerígenos.

Entretanto, Takahashi [2006] provou que o fator de emissão de poluentes na atmosfera pode vir a divergir dos esperados a depender do tipo de carro, do fabricante e ano de fabricação, da geração do kit de conversão para o GNV usado e também se os componentes mecânicos do veículo se encontram em perfeitas condições de uso. As emissões tornam-se menores se relacionadas com a emissão de veículos mais antigos.

Na Tabela 1 apresentam-se dados típicos de emissões de CO, NO_x, aldeídos (RCHO), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), segundo o 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários [2011], para veículos que utilizam gasolina, etanol



e veículos convertidos ao uso de GNV no ano de 2008. A partir desses dados, percebe-se que o GNV pode apresentar fator de emissão de poluentes maior que o da gasolina ou do álcool. É importante ressaltar que em marcha lenta, os veículos movidos à GNV emitem grande quantidade de metano, que é o próprio GNV antes da queima e apesar de alguns autores afirmarem que o GNV não produz dióxido de carbono devido à queima mais completa do GNV, é comprovado que a queima do metano produz CO₂, porém em quantidades menores.

Tabela 1: Fator de emissão de CO, NO_x, RCHO, NMHC, CH₄ e CO₂ para veículos leves movidos a gasolina, etanol e GNV.

	Gasolina	Etanol	GNV
CO (g/km)	0,37	0,67	0,56
NO_x (g/km)	0,039	0,050	0,290
RCHO (g/km)	0,0014	0,0140	0,0038
NMHC (g/km)	0,042	0,088	0,026
CH₄ (g/km)	0,014	0,032	0,220
CO₂ (kg/L)	2,269	1,233	1,99E-3

3.2. Segurança

Não existe perigo de explosão com o GNV, pois além de ser mais leve que o ar, o sistema de armazenagem e compressão é dotado de válvulas de segurança que se fecham caso haja algum rompimento na tubulação, além de possuir um sistema de exaustão em caso

de um eventual vazamento e em decorrência da sua densidade ser menor que a do ar, ele se dissipa rapidamente para a atmosfera, evitando concentrações de produtos potencialmente perigosos. Além disso, o GNV não é tóxico e é odorizado, sendo perceptível ao nariz humano a uma concentração de apenas 0,5% [GASMAR, 2014].

Os limites de flamabilidade superior e inferior do gás são próximos, o que significa que caso haja algum vazamento ativado com uma faísca, um interruptor de luz ou brasa de cigarro, imediatamente o fogo se apaga. Devido a isso, em situações de vazamento, ele pode ser considerado não-inflamável. Vale ressaltar que seu ponto de auto-ignição é muito elevado (650°C), enquanto que o da gasolina é de 200°C e do álcool 300°C, ficando evidente que se houver um processo de aquecimento no veículo, o risco maior de incêndio é proveniente dos combustíveis líquidos [GÁS POINT, 2014].

Os componentes do sistema de conversão testados pelos fabricantes com a finalidade de assegurar elevada confiabilidade e as normas de projetos e construções dos postos de abastecimento são mais rigorosos que as empregadas na conversão dos veículos, o que garante normalmente um padrão de segurança nas instalações de GNV, no mínimo igual ou superior àquelas encontradas para os combustíveis líquidos. Outro fator de segurança é que no abastecimento do veículo no posto, o mesmo é feito sem que haja contato com o ar, evitando assim qualquer possibilidade de combustão [GÁS BRASILIANO, 2014].



A segurança dos veículos a GNV pode ser comprometida apenas se os processos relacionados à instalação do kit e ao abastecimento não seguem rigorosamente as normas vigentes. Segundo Sousa [2009], não existe estatística acurada a respeito dos acidentes com veículos a gás, entretanto, os poucos acidentes de que se tem notícia tiveram uma repercussão tremenda entre os consumidores do combustível, devido ao alto poder de destruição que pode ocorrer tanto no veículo como na sua área de entorno.

3.3. Técnicas

A combustão do GNV com excesso de ar é muito próxima da combustão completa, reduzindo os resíduos a dióxido de carbono e vapor d'água e inibindo a formação de resíduos de carbono no motor, o que aumenta sua vida útil e o período entre manutenções [BRANDÃO FILHO, 2005].

Em função da baixa formação de resíduos da combustão e por ser um combustível limpo e seco que não se mistura nem contamina o óleo lubrificante, permite um maior intervalo entre trocas de óleo lubrificante sem comprometer a integridade das partes componentes do motor [GASMAR, 2014].

Uma desvantagem que se destaca é o alto custo para a conversão e manutenção dos veículos, além de que a insuficiência da malha distribuidora e o alto investimento para instalação nos postos de serviço dos equipamentos especiais necessários para a operação de abastecimento dos veículos também são de alto custo e dificultam a implantação da ideia de seu uso [SOUSA, 2009]. Em

geral, o alto custo com manutenção se dá devido a conversões inadequadas, que podem ocasionar, por exemplo, queima do cabeçote do carro, ou uma redução da potência do veículo acima do normal. Para que a manutenção de um veículo movido a GNV ocorra com a mesma frequência e custo dos veículos movidos à gasolina ou etanol, são recomendadas as instalações do kit de 5ª geração [GÁS BASILIANO, 2014].

Ainda em se tratando de desvantagens, quando o uso exclusivo do GNV se torna mais frequente, a gasolina tem grandes chances de ficar envelhecida no sistema e isso pode fazer com que ela perca suas propriedades ativadas e para evitar que isso ocorra, ela deve ser usada no máximo até três meses depois do abastecimento. Vale ressaltar que esse procedimento também implica no desgaste prematuro das velas, cuja vida útil pode cair pela metade, por requisitarem uma tensão maior de centelhamento [GASMAR, 2014].

É fato que o motor movido à GNV perde potência por causa da perda calórica no momento da explosão. Como se observa na Tabela 2, o GNV é o combustível que possui menor poder calorífico, ou seja, tem uma queima mais fraca que os outros combustíveis, daí é necessário que se introduza uma maior quantidade de comburente (ar) para que ocorra a combustão e para isso, recursos como turbo compressor, cabeçotes, óxido nítrico, dentre outras peças, são de extrema importância. Os combustíveis líquidos mudam para o estado gasoso no momento da admissão do ar, perdendo calor e conseqüentemente aumentando sua densidade e a massa admitida,



acarretando em uma maior potência. Na Tabela 2 apresenta-se a relação ar/combustível necessária para formar a mistura estequiométrica ideal para a combustão. É notável que a quantidade de GNV para formar a mistura com o ar aspirado pelo motor é menor comparada ao combustível líquido e isto, somado à menor energia do gás, faz com que o motor gere menos potência [GÁS POINT, 2014].

Tabela 2: Poder calorífico e relação ar/combustível para o GNV, gasolina e etanol.

Combustível	Poder Calorífico (kcal/kg)	Relação ar/combustível
GNV	5,33	17/1
Gasolina	10,40	13,4/1
Etanol	6,65	8/1

Devido ao GNV ter menos energia que os combustíveis líquidos, uma maior compressão no cabeçote é exigida para que o gás seja forçado a queimar mais o combustível. Entretanto, se o motor não estiver com a mistura ideal, ele vai elevar a temperatura na câmara de combustão do cabeçote, podendo até queimá-lo [GLOBO GÁS BRASIL, 2014].

De forma geral, a perda de potência pode variar de 4 a 7% devido ao motor não ser dedicado; de 4 a 8% devido às características do combustível; e de 8 a 10% devido à mistura estequiométrica, totalizando em uma perda de até 25% de potência, quando não devidamente convertido [GLOBO GÁS BRASIL, 2014].

4. GNV NA PARAÍBA

Em 1998, o GNV foi implantado em João Pessoa, na Paraíba, advindo dos campos de produção do Rio Grande do Norte à Pernambuco por meio do Gasoduto Nordeste, ligando Cabo (PE) a Guamaré (RN), cuja construção data desde 1985 [SOUSA, 2009].

No final de 1994, a PBGás foi fundada e iniciou suas operações de distribuição de gás canalizado no Estado da Paraíba no ano seguinte e assim prossegue atualmente. A cidade de João Pessoa foi a primeira do estado a fornecer e utilizar o GNV no atendimento ao segmento automotivo, principalmente em veículos de alto consumo de gasolina [SOUSA, 2009].

A frota da Paraíba, no ano de 2014, é de 21542 veículos convertidos, segundo dados do DENATRAN (Figura 1), representando um total de aproximadamente 2,07 % em relação ao número total de veículos.

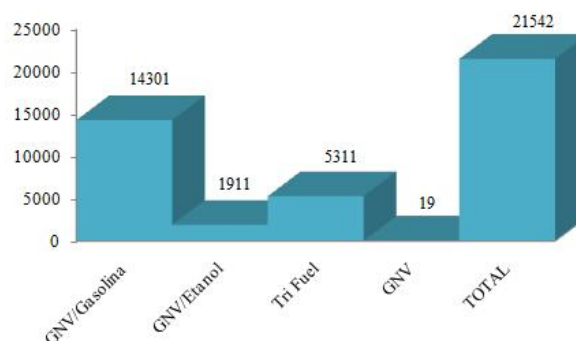


Figura 1: Frota de GNV na Paraíba, em 2014.

Dados da PBGás apontam a Paraíba como sendo o 5º estado com menor preço do GNV no Nordeste (Figura 2) , ao passo



que também é o estado com o menor custo de etanol na região e o quarto menor custo de gasolina. De modo geral, os combustíveis obedecem à ordem de preço $GNV < etanol < gasolina$.

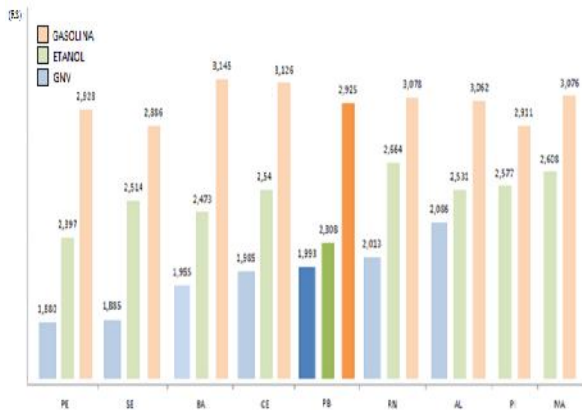


Figura 2: Preço (R\$) dos combustíveis na região Nordeste.

Com relação ao abastecimento, apenas seis municípios comercializam, por meio de gasodutos, o combustível na Paraíba, tornando agravante a preocupação com o aumento do número de conversões anuais, por falta de malhas de distribuição que incentivem o uso do GNV nos outros municípios do estado. Segundo dados da PBGás [2014], a média de preços dos combustíveis nessas cidades no mês de Dezembro de 2014, é de R\$1,997 o GNV, R\$2,304 o etanol e R\$2,951, tornando o GNV a melhor opção de combustível presente em 2014, considerando o custo de abastecimento.

Considerando que um veículo movido a GNV roda 12 km/m³, enquanto que a gasolina e o etanol rodam, respectivamente, 10 e 7,5 km/L, tem-se que o custo por km rodado, considerando a média de preços citada anteriormente, é aproximadamente 55% menor quando o GNV é utilizado, como

mostra a Tabela 3.

Combustível	R\$/km
GNV	0,17
Gasolina	0,30
Etanol	0,31

Tabela 3: Custo do combustível por km rodado.

Quanto mais quilômetros rodados pelo veículo, mais rápido será o retorno do investimento feito para a sua conversão. Considerando que eles, respectivamente, rendem 14 km/m³, 10 km/L e 7 km/L e que o investimento feito na instalação do GNV seja de R\$4000,00 (preço máximo da instalação de um kit de 5ª geração), tempo de retorno do investimento para um veículo *Flex* (bicombustível) ou movido à etanol é sempre menor que àquele movido à gasolina e, a partir de 4000 km rodados, esse tempo chegam a ser próximo para veículos movidos a qualquer combustível e a tendência é que esse valor se torne constante se o aumento do preço da gasolina for significativamente maior que o preço do etanol e do GNV. A Figura 3 apresenta um gráfico que relaciona o tempo de retorno do investimento da conversão com a quantidade de km rodados, segundo o simulador do Gás Brasileiro [2014].

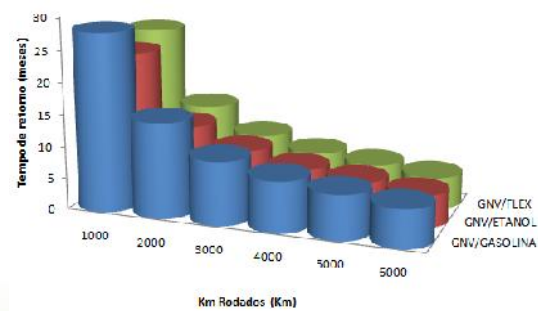


Figura 3: Tempo de retorno para



instalação do Kit GNV.

Pode-se afirmar que o gasto (R\$) com os combustíveis líquidos chega a ser maior que o dobro do gasto com GNV, como pode ser observado na Figura 4. Tanto o consumo de etanol quanto o gasto com esse combustível é muito maior quando comparado ao GNV. A gasolina, apesar de possuir o custo por litro mais caro, é menos consumida pelo motor e acaba se tornando mais rentável que o etanol, porém ainda assim seu consumo é muito maior que o de GNV.

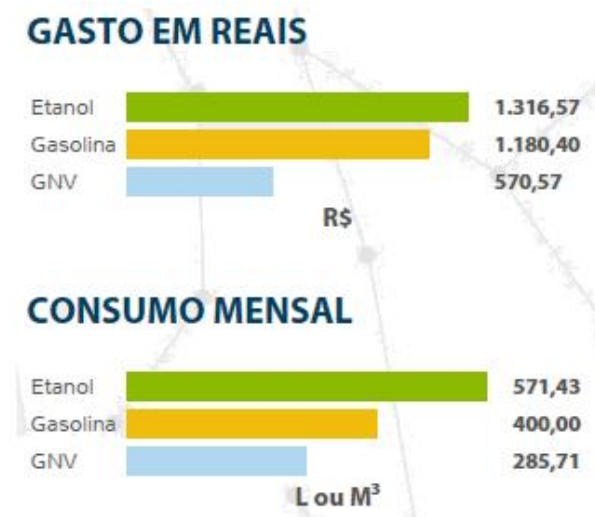


Figura 4: Gasto (R\$) com os combustíveis e consumo.

5. CONCLUSÕES

O GNV tem se destacado na escolha do combustível mais utilizado, principalmente devido ao aumento dos preços nos combustíveis líquidos. É necessário que haja a conversão do motor, a qual deve seguir uma política rigorosa para que o mesmo não apresente problemas técnicos futuros, como a queima de pequenas peças importantes para o funcionamento do motor.

Quando se trata de fatores ambientais, o GNV é o combustível que emite menos poluente, a depender da combinação entre o ano de fabricação do

veículo e do kit GNV, pois quanto mais antigo o kit ou o veículo, maior pode ser a emissão de poluentes com uso de GNV.

O GNV é o combustível mais seguro, tanto por conter o reservatório mais resistente a vazamentos, quando comparado a tanques de gasolina e etanol, quanto por, em caso de vazamentos, não criar uma atmosfera tóxica ou explosiva, se dispersando imediatamente no ar.

Na Paraíba, o número de conversões de veículos ao uso do GNV é crescente, apesar de que o Estado apresente um número muito pequeno de postos de abastecimento. O fator que justifica essa escolha é o baixo custo com o abastecimento de GNV e um menor tempo de retorno com o custo de conversão.

6. AGRADECIMENTOS

À Companhia Paraibana de Gás (PBGás), na pessoa do Dr. Carlos Alberto, pela contribuição dada neste trabalho com dados quantitativos e qualitativos acerca da utilização do GNV na Paraíba.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTE ENERGIA. O uso do gás natural em veículos (GNV). Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/o_uso_do_gn_em_veiculos_\(gnv\).html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/o_uso_do_gn_em_veiculos_(gnv).html). Acesso em 13 de Dezembro de 2014.

BRANDÃO FILHO, J.E. *Previsão de demanda por gás natural veicular: uma modelagem baseada em dados de preferência declarada e revelada*. 2005, 274f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes. Fortaleza-CE.



DENATRAN. Frotas de veículos. Disponível em: <
<http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>
>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2015.

FULL GÁS. O funcionamento do sistema GNV tradicional. Disponível em: <
<http://www.fullgas.com.br/site/tudo-sobre-gnv/funcionamento-do-sistema/>
>. Acesso em 19 de Janeiro de 2015.

GÁS BRASILIANO. Simulador de Consumo. Disponível em: <
<http://www.gasbrasiliano.com.br/automotivo/aplicacoes/>
>. Acesso em 25 de Janeiro de 2015.

GASMAR. Perguntas frequentes – Gás Natural. Disponível em: <
<http://gasmар.com.br/index.php/2014-06-20-00-12-49>
>. Acesso em: 11 de janeiro de 2015.

GÁS POINT. Guia de conversão para GNV. Disponível em: <
http://www.gaspoint.com.br/gnv/guia_conv_ersao.asp
>. Acesso em: 27 de Novembro de 2014.

GLOBO GÁS BRASIL. Combustível original e GNV: perda de potência tem solução técnica. Disponível em: <
<http://www.globogasbrasil.com.br/artigos/combustivel-original-e-gnv-perda-de-potencia-tem-solucao-tecnica/>
>. Acesso em: 13 de Janeiro de 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores rodoviários. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade do Ambiental.** Janeiro, 2011.

NAPPO, M. A. **A demanda por gasolina no Brasil: uma avaliação de suas elasticidades após a introdução de carros bicombustíveis.** Dissertação de Mestrado. 2007, 62p. Escola de Economia em São Paulo. Programa de Pós

Graduação em Finanças e Economia Empresarial. São Paulo-SP.

SANTOS, E. M. do. **Gás Natural: estratégias para uma energia nova no Brasil.** 2002, 312p. Annablume, Fapesp, Petrobras. São Paulo-SP.

SOUSA, M. L. **O gás natural como alternativa energética para os segmentos industrial e veicular em Campina Grande – PB.** Tese. 2009, 183p. Universidade Federal de Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Campina Grande-PB.

TAKAHASHI, S. ROSSI, L. F. S. **Análise das vantagens e desvantagens da escolha de um veículo movido a GNV na cidade de Curitiba.** In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. III Congresso Brasileiro de Termodinâmica Aplicada. 2006.