

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CLAITON RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DO GÁS NATURAL VEICULAR  
COMPARADO AO USO DA GASOLINA EM VEÍCULOS AUTOMOTORES**

**Varginha**  
**2018**

**CLAITON RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DO GÁS NATURAL VEICULAR  
COMPARADO AO USO DA GASOLINA EM VEÍCULOS AUTOMOTORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Thiago Luís Nogueira Silva.

**Varginha  
2018**

**CLAITON RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DO GÁS NATURAL  
VEICULAR COMPARADO AO USO DA GASOLINA EM VEÍCULOS  
AUTOMOTORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

**Aprovado em**    /    /

---

**Prof.**

---

**Prof.**

---

**Prof.**

**OBS.:**

Dedico este trabalho a todos aqueles que  
contribuíram de alguma forma para a  
realização do mesmo.

Agradeço primeiramente a Deus por mais esta conquista, aos meus familiares que sempre torceram e me apoiaram, aos meus amigos que estiveram presentes em todos os momentos e aos professores que ajudaram na minha formação.

"Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando em conta apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas."

Steve Jobs

## RESUMO

Este trabalho faz a comparação da utilização de dois tipos de combustíveis (gás natural e gasolina) nos veículos automotores. Tal abordagem se dá ao fator econômico, pois, diante de oscilações constantes nos preços dos combustíveis, e o gás natural seria uma ótima alternativa para a substituição da gasolina. O objetivo desta pesquisa é demonstrar as vantagens e desvantagens dessa conversão, levando ao usuário à um posicionamento sobre o assunto, a uma possível conversão futura. Este propósito será conseguido a partir da pesquisa comparativa de ambos os combustíveis, serão avaliados aspectos técnicos, econômicos, ambiental, funcionamento do motor e desgaste, evidenciando assim os pontos positivos e os pontos negativos referente a alteração. Além da pesquisa teórica, haverá apresentação de dados reais disponibilizados por empresas responsáveis por esse tipo de conversão nos veículos automotores. A princípio, tal substituição poderá ser benéfica, pois é um combustível com um preço abaixo da gasolina, menor consumo por quilômetro rodado e apresenta uma menor taxa de emissão de poluentes comparado a gasolina.

**Palavras-chave:** Combustíveis. Comparação. Gás Natural.

## **ABSTRACT**

*This work compares the use of two types of fuels (natural gas and gasoline) in motor vehicles. Such an approach is given to the economic factor, because, given constant fluctuations in fuel prices, and natural gas would be a great alternative for the replacement of gasoline. The objective of this research is to demonstrate the advantages and disadvantages of this conversion, leading the user to a position on the subject, to a possible future conversion. This purpose will be obtained from the comparative research of both fuels, will be evaluated technical, economic, environmental, engine running and wear, thus showing the positives and negatives concerning the change. In addition to the theoretical research, there will be presentation of real data provided by companies responsible for this type of conversion in automotive vehicles. At first, such substitution could be beneficial, as it is a fuel with a price below gasoline, lower consumption per kilometer rotated and presents a lower emission rate of pollutants compared to gasoline.*

**Keywords:** *Fuels. Comparison. Natural gas.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Formas de Associação do gás natural .....	18
Figura 02 – Consumo de gás natural per capita 2017 (toneladas equivalentes de petróleo) .....	24
Figura 03 – Esquematização dos itens do kit de 5º geração LOVATO .....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Participação dos estados na frota de veículos GNV .....	16
Tabela 02 – Dados dos principais países que utilizam GNV .....	17
Tabela 03 – Demonstração da composição química do gás natural em diversos países .....	19
Tabela 04 – Reservas provadas de gás natural .....	22
Tabela 05 – Emissões de poluentes de combustíveis no ano de 2014 na RMPA (1000t/ano)...	26
Tabela 06 – Preço do GNV ao consumidor em cada estado no mês de setembro de 2018 .....	29
Tabela 07 – Preço da gasolina ao consumidor em cada estado no mês de setembro de 2018 ..	30
Tabela 08 – Estimativa de custos para os combustíveis comparados .....	31
Tabela 09 – Descritivo da evolução de algumas características dos kits de conversão .....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Reservas de produção e distribuição de gás provadas por região .....	21
Gráfico 02 – Produção de gás natural por região (bcm) .....	23
Gráfico 03 – Principais geradores de gases poluentes na atmosfera .....	25
Gráfico 04 – Emissão de monóxido de carbono, oriunda da combustão de combustíveis.....	27
Gráfico 05 – Equivalências energéticas e fatores de emissão de CO2 dos combustíveis .....	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AGN – Associação Portuguesa das Empresas de Gás Natural

BCM – Bilhões de Metros Cúbicos

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CNE – Comissão Nacional de Energia

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

GNV – Gás Natural Veicular

IANGV – International Association for Natural Gas Vehicles

IGU – International Gas Union

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPVA – Imposto de Propriedade de Veículos Automotores

MINFRA – Ministério da Infraestrutura

MON – Motor Octane Number

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

RON – Research Octane Number

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Gás Natural .....</b>	<b>14</b>
2.1.1 Surgimento e Procura do Gás Natural .....	14
2.1.2 O Uso do Gás Natural em Veículos Automotores no Brasil .....	14
2.1.3 Composição do Gás Natural .....	18
2.1.4 Produção, Reservas e Consumo de Gás Natural .....	20
2.1.5 Impacto Ambiental .....	24
2.1.6 Aspectos Econômicos .....	28
2.1.7 Consumo Médio .....	30
2.1.8 Sistemas de Conversão .....	32
2.1.8.1 5º Geração dos Kits de Conversão .....	35
2.1.9 Desempenho do Motor Movido a Gás Natural .....	38
2.1.10 Segurança Quanto ao Uso do Gás Natural Veicular .....	40
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>43</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente diversos fatores nos estimulam a busca por uma alternativa de combustível para veículos automotores. Uma possível escassez de petróleo ao longo dos anos devido a demanda de combustíveis gerada pelo aumento constante da frota de veículos nas ruas, o aumento no valor dos combustíveis que tem sido constante nos últimos meses e a preocupação com a emissão de poluentes no meio ambiente, são aspectos importantes que nos levam a busca por medidas que possam minimizar esses fatores. O uso do gás natural veicular como combustível, seria uma alternativa viável levando em consideração os aspectos técnicos e econômicos? Comparando o preço e o rendimento de cada combustível, o valor do gás natural veicular ficaria entre 50 e 60% mais barato, portanto, mesmo que seja investido um valor médio de R\$ 4.000,00 para o processo de instalação, inspeção e regularização, este valor teria retorno em alguns meses dependendo do uso de cada cliente. Analisando a emissão de poluentes, o gás natural veicular não produz óxido de enxofre, chumbo, emite baixa quantidade de dióxido de carbono comparado a gasolina e não produz fumaça preta e nem odores. Os primeiros kits de GNV instalados nos veículos, notava-se uma grande perda de potência, que era um fator de descontentamento dos usuários. Hoje, com a evolução dos kits, essa perda passa a ser insignificante, perdendo em média apenas 5% da potência do motor.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gás Natural

Devido a tantos fatores que nos levam a busca por alternativas de combustíveis, o gás natural tem uma forte participação nesse mercado competitivo. Ele apresenta alta econômica referente ao consumo e preço, baixo índice de poluição e incentivos governamentais para o uso. Mas devemos estar cientes de sua descoberta e a busca contínua pelo combustível.

#### 2.1.1 Surgimento e Procura do Gás Natural

Segundo a Associação Portuguesa das Empresas de Gás Natural (AGN), este combustível teria sido descoberto por volta de 6000 a. c. e 2000 a. c., mais precisamente na Pérsia, onde era usado para manter aceso o símbolo de adoração de uma seita daquela localidade, mais conhecido como “fogo eterno”. Na China, segundo manuscritos de 347 a. c., descreve-se um suposto “ar de fogo” que era utilizado como iluminação. O historiador Chang Qu, relata a existência de sistemas de transportes de gás natural, que deslocavam o gás de onde ele brotava para a cidade. Esse sistema era composto de bambus selados entre si com betume, que é uma mistura de hidrocarbonetos pesados com outros compostos oxigenados, nitrogenados e sulfurados.

Ainda de acordo com a AGN, o gás de iluminação começou a ser utilizado em maior escala na iluminação pública na Europa, a partir de 1970 e que era produzido a partir do uso do carvão. Em Fredonia, pequena aldeia de Nova York, por volta de 1821, as ruas começaram a ser iluminadas pelo gás natural, pois havia na saída da cidade um buraco no solo no qual emergia gás natural. Mas foi em 1885 que Robert Bunsen misturou ar com gás natural e descobriu seu principal benefício energético, que logo após nos anos 40, começou-se a ser comercializado em grande quantidade, até utilizarem o gás natural em veículos automotores.

#### 2.1.2 O Uso do Gás Natural em Veículos Automotores no Brasil

Segundo Valiante (2006, p.1), o constante aumento de demanda por fontes de energia iniciada pela Revolução Industrial na metade do século XVIII, aliado ao decorrente impacto ambiental e possibilidade de escassez de recursos, tornaram evidente à sociedade a necessidade de busca por fontes de energia alternativas e menos poluentes. O mercado do Petróleo e derivados - maior fonte de energia não-renovável do planeta - vem sofrendo

constantemente impactos de fatores políticos e especulação de preços, reforçando o interesse de diversos segmentos de indústria e mercado em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias com maior viabilidade de geração de energia.

A participação do Gás Natural na matriz energética mundial é cada vez maior, substituindo fontes de energia outrora utilizadas. Em aplicações veiculares, o combustível representa alternativa ao Diesel, Gasolina e Álcool, através de instalação de Sistema de Conversão para uso de Gás Natural.

A primeira política efetiva para criação de um combustível alternativo no Brasil se deu com o início das pesquisas e utilização de Biomassa proveniente da cana-de-açúcar como combustível automotivo. Esse programa acabou sendo conhecido como Proálcool e foi criado em 14 de novembro de 1975 em pleno governo do regime militar. As montadoras adaptaram seus veículos para que motor e componentes pudessem operar com álcool, a utilização de álcool teve sucesso até o final da década de 90 quando perdeu os incentivos vindos do governo e com aumento do mercado internacional de açúcar refinado, fato que até hoje regula o preço do álcool combustível. Hoje o combustível é usado nos veículos Flex (utiliza álcool e gasolina em qualquer proporção) e na frota remanescente de veículos movidos apenas a álcool (PAVANI, 2012).

De acordo com Valiente (2006), no fim da década de 70 foi criado pela CNE – Comissão Nacional de Energia o PLANGÁS – Plano Nacional de Gás Natural que tinha o objetivo de substituir o uso de combustíveis líquidos pelo uso do gás natural. Entre a data da criação do PLANGÁS e a promulgação do decreto 1787 de janeiro de 1996, no qual autorizava o uso de gás natural em veículos automotores, houve diversas pesquisas nacionais que avaliavam a viabilidade do uso do gás natural em veículos.

As resoluções 727/89 e 735/89 do CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito – autorizaram o uso de gás natural veicular em frotas de veículos novos ou usados, com motores ciclo Otto ou Diesel, instituiu a obrigatoriedade de apresentação de certificado de homologação de conversão, expedido pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial como parte do licenciamento do veículo.

A Portaria 107/91 do MINFRA – Ministério da Infraestrutura – autorizou distribuidoras de combustíveis a oferecer gás natural veicular, desde que obedecidas às normas do Departamento Nacional de Combustíveis. Ainda em 1991, a portaria 222 do mesmo Ministério liberando o uso de gás natural em táxis e a Portaria 26 do Departamento autorizando a oferta de gás natural veicular em postos de combustíveis.



Atualmente no Brasil, a frota de veículos que usam gás natural veicular é composta de táxis, veículos leves de transporte de mercadoria, ônibus e veículos populares. A maior concentração desses veículos se encontra no estado de São Paulo e Rio de Janeiro. De acordo com o ranking de consumo energéticos, o setor industrial fica em primeiro lugar seguido do setor de transporte (LEROY, 2008 apud PAVANI, 2012). A tabela 01 mostra os números referentes a veículos movidos a gás natural veicular em cada estado no Brasil.

Tabela 01 – Participação dos estados na frota de veículos GNV - 2010

<b>Estado</b>	<b>Total</b>	<b>% da Frota</b>
Alagoas	18.459	1,2
Amazonas	177	0,0
Bahia	68.866	4,2
Ceará	47.027	2,9
Distrito Federal	425	0,0
Espírito Santo	37.469	2,7
Goiás	499	0,0
Mato Grosso	1.659	0,1
Mato Grosso do Sul	6.025	0,4
Minas Gerais	63.513	5,3
Pará	60	0,0
Paraíba	17.661	1,1
Paraná	27.371	1,7
Pernambuco	46.364	3,3
Piauí	218	0,0
Rio de Janeiro	737.571	40,6
Rio Grande do Norte	38.453	2,6
Rio Grande do Sul	40.594	2,5
Santa Catarina	69.672	3,7
Sergipe	20.974	1,2
São Paulo	382.896	24,7
Não especificado	21.002	1,8

Fonte: GASNET

Segundo dados coletados pela IANGV – International Association for Natural Gas Vehicles (2018), a frota mundial de veículos leves convertidos para o uso de gás natural veicular (GNV) passa de 25.000.000 unidades. Podemos destacar a China como país com maior número de veículos com GNV, com aproximadamente 5.350.000 veículos, e Israel como o país com menor número de veículos com GNV (gás natural veicular), apenas 3 unidades. O Brasil fica em 6º lugar, totalizando uma frota de 1.781.102 veículos.

A Tabela 02 apresenta dados dos principais países que utilizam gás natural veicular, destacando-se os países com maiores números e menores números de veículos convertidos. A tabela apresenta informações do número de veículos e números de estações de reabastecimento.

Tabela 02 – Dados dos principais países que utilizam GNV.

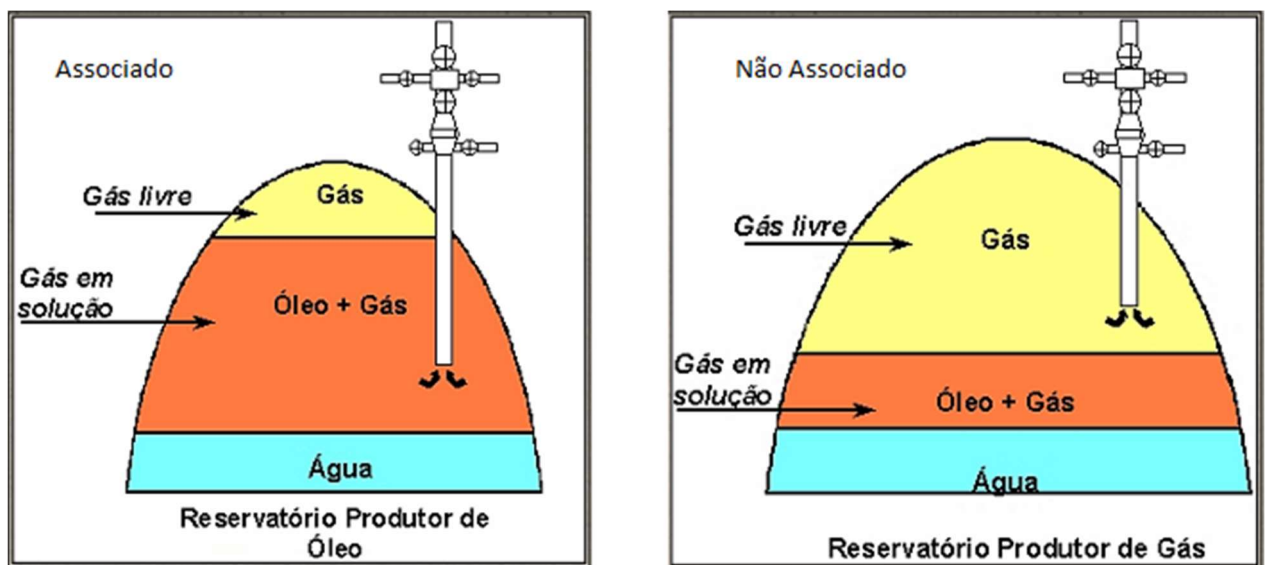
	País	Veículos a Gás Natural	Estações de Reabastecimento	Ano dos Dados	Mês dos Dados
1	China	5.350.000	8.300	2017	Dezembro
2	Iran	4.502.000	2.400	2017	Outubro
3	Índia	3.078.799	1.349	2018	Março
4	Paquistão	3.000.000	3.416	2016	Novembro
5	Argentina	2.295.000	2.014	2016	Outubro
6	Brasil	1.781.102	1.805	2015	Novembro
7	Itália	1.004.982	1.186	2017	Dezembro
8	Colômbia	571.668	801	2018	Março
9	Tailândia	474.486	502	2016	Julho
10	Uzbequistão	450.000	213	2013	Junho
11	Bolívia	400.000	156	2016	Outubro
12	Armênia	300.000	370	2017	Dezembro
13	Peru	255.714	310	2018	Março
14	Venezuela	226.100	300	2016	Dezembro
15	Bangladesh	220.000	585	2013	Abril
...	...	...	...	...	...
70	Reino Unido	310	40	2016	Dezembro
71	África do Sul	300	1	2012	Dezembro
72	Argélia	215	4	2011	Dezembro
73	Liechtenstein	132	-	2017	Dezembro
74	Nova Zelândia	65	3	2012	Dezembro
75	Macedônia	54	5	2018	Janeiro
76	Tanzânia	50	1	2012	Dezembro
77	Tunísia	34	1	2007	Agosto
78	Bósnia & Herzegovina	21	2	2011	Fevereiro
79	Irlanda	10	1	2016	Dezembro
80	Israel	3	1	2016	Novembro

Fonte: Adaptado de IANGV, 2018

### 2.1.3 Composição do Gás Natural

De acordo com Barbosa (1996), podemos encontrar o gás natural em reservatórios subterrâneos e determinados lugares do planeta, podendo ser encontrado em terra ou mar. Ele pode ser do tipo associado, no qual é encontrado junto ao petróleo, ou não associado, quando contém pouca ou nenhuma quantidade de petróleo.

Figura 01 – Formas de Associação do gás natural



Fonte: Adaptado do livro PROPRIEDADES DO PETRÓLEO (2011).

O gás natural é produto de processos naturais, mais especificamente, a degradação de matéria orgânica por bactérias anaeróbicas, e degradação de matéria orgânica e de carvão pelo aumento da pressão e temperatura ou alteração térmica de hidrocarbonetos líquidos (GASNET, 2018).

A composição do gás natural se obtém de uma mistura de diversos gases, no qual podemos destacar o gás metano que apresenta uma concentração de 89% a 99%. Outros hidrocarbonetos de maiores graus de concentração seria o etano, propano e butano. Em baixas quantidades podemos encontrar gases inertes como hidrogênio, nitrogênio e dióxido de carbono (MAXWELL, 1995 e UNICH et al, 1993).

O gás com maior concentração que é o metano, apresenta uma estrutura simples e estável comparado a gasolina. Podemos observar dificuldade de oxidação, baixa reatividade fotoquímica e alto índice de octanas devido a sua estabilidade estrutural. Notamos também dificuldade da degradação das moléculas de metano pela ação da luz solar, fato dado a baixa reatividade fotoquímica. (JOSSON, 1992).

A Tabela 03 apresenta dados referentes a composição do gás natural em diversos países e estados do Brasil.

Tabela 03 – Demonstração da composição química do gás natural em diversos países.

ORIGEM País / Campo	COMPOSIÇÃO EM % VOLUME						Densidade	Poder Calorífico Superior (MJ / Nm <sup>3</sup> )
	Metano CH <sub>4</sub>	Etano C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> e Maiores	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
USA/Panh.	81,8	5,6	3,4	2,2	0,1	6,9	-	42,7
USA/Ashlaw	75,0	24,0	-	-	-	1,0	-	46,7
Canadá	88,5	4,3	1,8	1,8	0,6	2,6	-	43,4
Rússia	97,8	0,5	0,2	0,1	0,1	1,3	-	39,6
Austrália	76,0	4,0	1,0	1,0	16,0	2,0	-	35,0
França	69,2	3,3	1,0	1,1	9,6	0,6	-	36,8
Alemanha	74,0	0,6	-	-	17,8	7,5	-	29,9
Holanda	81,2	2,9	0,4	0,2	0,9	14,4	0,640	31,4
Pérsia	66,0	14,0	10,5	7,0	1,5	1,0	0,870	52,3
Mar do Norte	94,7	3,0	0,5	0,4	0,1	1,3	0,590	38,6
Argélia	76,0	8,0	3,3	4,4	1,9	6,4	-	46,2
Venezuela	78,1	9,9	5,5	4,9	0,4	1,2	0,702	47,7
Argentina	95,0	4,0	-	-	-	1,0	0,578	40,7
Bolívia	90,8	6,1	1,2	0,0	0,5	1,5	0,607	38,8
Chile	90,0	6,6	2,1	0,8	-	-	0,640	45,2
<b>Brasil</b>								
Rio de Janeiro	89,44	6,7	2,26	0,46	0,34	0,8	0,623	40,22
Bahia	88,56	9,17	0,42	-	0,65	1,2	0,615	39,25
Alagoas	76,9	10,1	5,8	1,67	1,15	2,02	-	47,7
Rio Grande do Norte	83,48	11	0,41	-	1,95	3,16	0,644	38,54
Espírito Santo	84,8	8,9	3,0	0,9	0,3	1,58	0,664	45,4
Ceará	76,05	8,0	7,0	4,3	1,08	1,53	-	52,4

Fonte: GASNET, 2018.

De acordo com WEAVER (1989), o aumento da tendência à detonação é resultado do grande número de propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados contidos no gás natural. Já a presença de gases inertes em grande quantidade como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio (N<sub>2</sub>), diminuem a tendência a detonação e o conteúdo energético do gás natural.

WEAVER (1989) nos diz que para contabilizar efeitos de variação da composição do gás natural, como podemos observar na Tabela 03, foi criado pela indústria de gás um índice

conhecido como número de Wobbe. Esse número é calculado pela razão do poder calorífico superior (PCS) do gás, em base volumétrica e a raiz quadrada da gravidade específica (densidade) em relação ao ar. LISS & THRASHER (1991), LASTRES (1987) e KLIMSTRA (1986).

$$W = \frac{PCS}{(\rho)^{1/2}}$$

onde:

W = índice de Wobbe a 0°C, [MJ/m<sup>3</sup>]

PCS = poder calorífico superior a 0°C, [MJ/m<sup>3</sup>]

ρ = densidade relativa do gás natural, [adm.]

O índice Wobbe é de suma importância para avaliação de motores alimentados com gás natural e equipamentos industriais, pois ele indica a capacidade de fluxo de energia de um gás em processo de escoamento em determinado orifício ou válvula, por intermédio do diferencial de pressão. LISS & THRASHER (1991) e WEAVER (1989).

De acordo com KING (1992) e LISS & THRASHER (1991), qualquer pequena variação da razão ar-combustível operando com uma mistura pobre (excesso de ar ou falta de combustível) em motores a combustão, resulta em variações significativas de emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Isso demonstra a importância da composição do gás sobre o número de Wobbe e a razão ar-combustível. Outro ponto de destaque é o quanto a composição do gás afeta substancialmente o limite inferior de inflamabilidade, de suma importância em motores com mistura pobre.

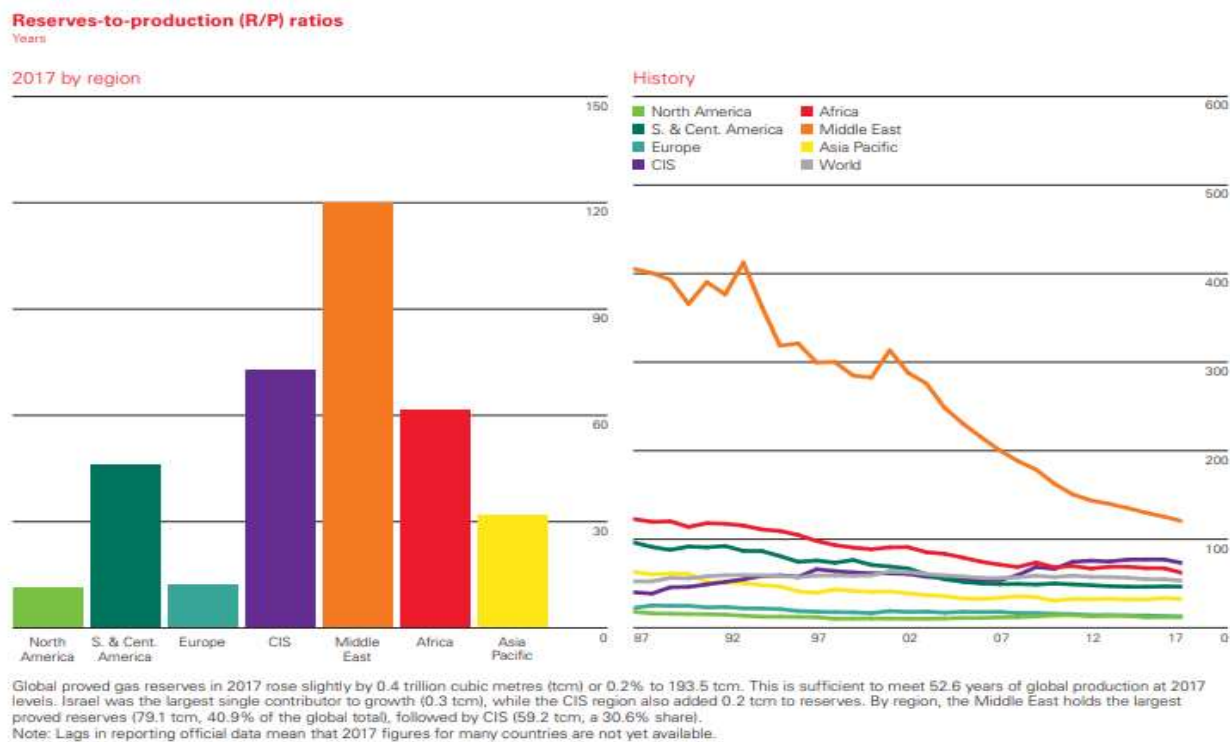
#### 2.1.4 Produção, Reservas e Consumo de Gás Natural

De acordo com relatórios da BP (British Petroleum), conceituada entre as maiores companhias de gás e óleo do mundo, as reservas globais de gás comprovadas aumentaram em 2017 cerca de 0,4 trilhão de metros cúbicos (tcm), indo de 193,1 para 193,5tcm. Quantidade suficiente para atender uma demanda de aproximadamente 52,6 anos, de acordo com os níveis de consumo registrados em 2017.

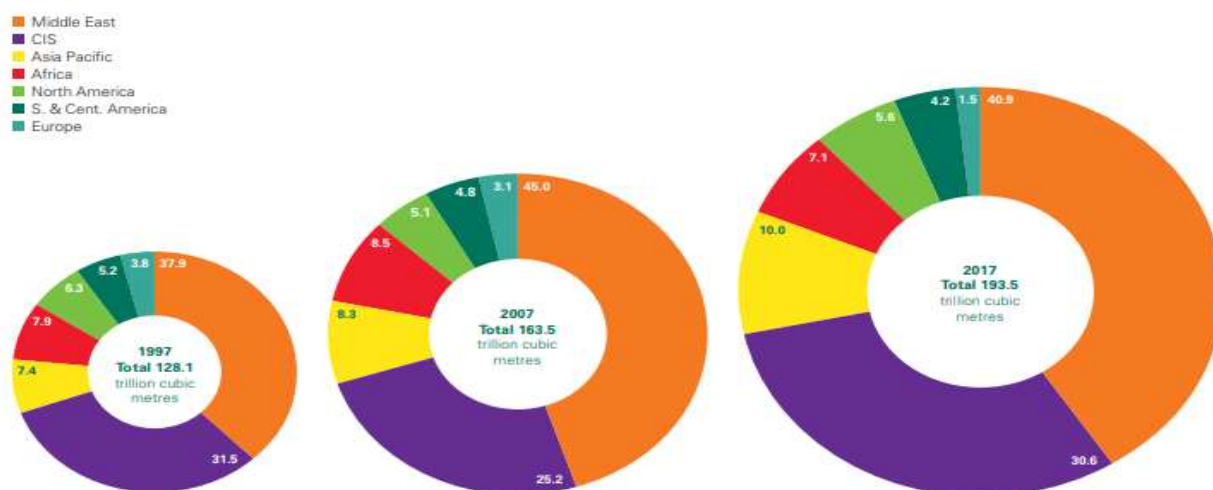
Segundo dados apresentados no Gráfico 01, o Oriente Médio é responsável pelas maiores reservas de gás no planeta, totalizando aproximadamente 41% de toda reserva global,

cerca de 79,1tcm. Em segundo lugar fica a Comunidade dos Estados Independentes responsáveis por 30,6% das reservas globais, isso representa 59,2tcm.

Gráfico 01 – Reservas de produção e distribuição de gás provadas por região.



**Distribution of proved reserves in 1997, 2007 and 2017**  
Percentage



Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2018.

Observando dados da Tabela 04, podemos ressaltar detalhadamente a participação de cada país com as reservas de gás distribuídas pelo mundo.

Tabela 04 – Reservas provadas de gás natural.

## Natural gas

### Total proved reserves

	At end 1997	At end 2007	At end 2016	At end 2017			
	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic metres	Trillion cubic feet	Share of total	R/P ratio
US	4.5	6.4	8.7	<b>8.7</b>	<b>308.5</b>	4.5%	11.9
Canada	1.7	1.6	2.0	<b>1.9</b>	<b>66.5</b>	1.0%	10.7
Mexico	1.8	0.4	0.2	<b>0.2</b>	<b>6.9</b>	0.1%	4.8
<b>Total North America</b>	<b>8.0</b>	<b>8.4</b>	<b>10.9</b>	<b>10.8</b>	<b>381.9</b>	<b>5.6%</b>	<b>11.4</b>
Argentina	0.7	0.4	0.3	<b>0.3</b>	<b>11.6</b>	0.2%	8.8
Bolivia	0.1	0.7	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.6</b>	0.1%	15.8
Brazil	0.2	0.4	0.4	<b>0.4</b>	<b>13.5</b>	0.2%	13.8
Colombia	0.2	0.1	0.1	<b>0.1</b>	<b>3.9</b>	0.1%	10.8
Peru	0.2	0.3	0.4	<b>0.4</b>	<b>15.5</b>	0.2%	33.7
Trinidad & Tobago	0.5	0.5	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.2</b>	0.1%	7.7
Venezuela	4.6	5.4	6.4	<b>6.4</b>	<b>225.0</b>	3.3%	170.2
Other S. & Cent. America	0.1	0.1	0.1	<b>0.1</b>	<b>2.2</b>	*	21.6
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>6.6</b>	<b>7.8</b>	<b>8.3</b>	<b>8.2</b>	<b>290.3</b>	<b>4.2%</b>	<b>45.9</b>
Denmark	0.1	0.1	†	†	<b>0.5</b>	*	2.7
Germany	0.2	0.1	†	†	<b>1.1</b>	*	5.1
Italy	0.3	0.1	†	†	<b>1.5</b>	*	8.1
Netherlands	1.7	1.2	0.7	<b>0.7</b>	<b>23.1</b>	0.3%	17.9
Norway	1.2	2.3	1.8	<b>1.7</b>	<b>60.6</b>	0.9%	13.9
Poland	0.1	0.1	0.1	<b>0.1</b>	<b>2.4</b>	*	16.6
Romania	0.3	0.6	0.1	<b>0.1</b>	<b>3.6</b>	0.1%	9.9
United Kingdom	0.8	0.3	0.2	<b>0.2</b>	<b>6.5</b>	0.1%	4.4
Other Europe	0.2	0.2	0.1	<b>0.1</b>	<b>5.1</b>	0.1%	16.0
<b>Total Europe</b>	<b>4.9</b>	<b>5.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>104.5</b>	<b>1.5%</b>	<b>12.2</b>
Azerbaijan	0.7	1.0	1.3	<b>1.3</b>	<b>46.6</b>	0.7%	74.4
Kazakhstan	1.5	1.5	1.1	<b>1.1</b>	<b>40.4</b>	0.6%	42.2
Russian Federation	33.6	33.9	34.8	<b>35.0</b>	<b>1234.9</b>	18.1%	55.0
Turkmenistan	2.6	2.6	19.5	<b>19.5</b>	<b>688.1</b>	10.1%	314.1
Ukraine	0.7	0.8	1.1	<b>1.1</b>	<b>37.1</b>	0.5%	54.0
Uzbekistan	1.2	1.3	1.2	<b>1.2</b>	<b>42.7</b>	0.6%	22.7
Other CIS	†	†	†	†	<b>1.2</b>	*	160.0
<b>Total CIS</b>	<b>40.3</b>	<b>41.2</b>	<b>59.0</b>	<b>59.2</b>	<b>2091.1</b>	<b>30.6%</b>	<b>72.6</b>
Bahrain	0.1	0.1	0.2	<b>0.2</b>	<b>5.5</b>	0.1%	10.3
Iran	22.7	27.7	33.2	<b>33.2</b>	<b>1173.0</b>	17.2%	148.4
Iraq	3.0	3.0	3.5	<b>3.5</b>	<b>123.9</b>	1.8%	337.7
Israel	†	†	0.2	<b>0.5</b>	<b>16.1</b>	0.2%	48.3
Kuwait	1.4	1.7	1.7	<b>1.7</b>	<b>59.9</b>	0.9%	97.6
Oman	0.5	0.9	0.7	<b>0.7</b>	<b>23.5</b>	0.3%	20.6
Qatar	8.8	26.4	24.9	<b>24.9</b>	<b>879.9</b>	12.9%	141.8
Saudi Arabia	5.6	6.9	8.0	<b>8.0</b>	<b>283.8</b>	4.2%	72.1
Syria	0.2	0.3	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.5</b>	0.1%	86.5
United Arab Emirates	5.9	6.3	5.9	<b>5.9</b>	<b>209.7</b>	3.1%	98.2
Yemen	0.3	0.3	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.4</b>	0.1%	410.6
Other Middle East	†	†	†	†	<b>0.2</b>	*	48.2
<b>Total Middle East</b>	<b>48.6</b>	<b>73.6</b>	<b>78.8</b>	<b>79.1</b>	<b>2794.2</b>	<b>40.9%</b>	<b>119.9</b>
Algeria	3.9	4.3	4.3	<b>4.3</b>	<b>153.1</b>	2.2%	47.5
Egypt	0.9	2.0	1.8	<b>1.8</b>	<b>62.8</b>	0.9%	36.3
Libya	1.2	1.5	1.4	<b>1.4</b>	<b>50.5</b>	0.7%	124.0
Nigeria	3.3	5.0	5.2	<b>5.2</b>	<b>183.7</b>	2.7%	110.2
Other Africa	0.8	1.2	1.1	<b>1.1</b>	<b>37.8</b>	0.6%	41.1
<b>Total Africa</b>	<b>10.2</b>	<b>14.0</b>	<b>13.8</b>	<b>13.8</b>	<b>487.8</b>	<b>7.1%</b>	<b>61.4</b>
Australia	1.2	1.8	3.6	<b>3.6</b>	<b>128.3</b>	1.9%	32.0
Bangladesh	0.3	0.4	0.2	<b>0.2</b>	<b>6.3</b>	0.1%	6.7
Brunei	0.4	0.3	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.5</b>	0.1%	22.4
China	1.2	2.3	5.5	<b>5.5</b>	<b>193.5</b>	2.8%	36.7
India	0.7	1.0	1.2	<b>1.2</b>	<b>43.8</b>	0.6%	43.6
Indonesia	2.2	3.0	2.9	<b>2.9</b>	<b>102.9</b>	1.5%	42.9
Malaysia	2.2	2.4	2.7	<b>2.7</b>	<b>96.6</b>	1.4%	34.9
Myanmar	0.3	0.5	1.2	<b>1.2</b>	<b>41.3</b>	0.6%	65.0
Pakistan	0.4	0.7	0.4	<b>0.4</b>	<b>13.4</b>	0.2%	11.0
Papua New Guinea	†	†	0.2	<b>0.2</b>	<b>6.8</b>	0.1%	15.7
Thailand	0.2	0.3	0.2	<b>0.2</b>	<b>7.1</b>	0.1%	5.2
Vietnam	0.2	0.5	0.6	<b>0.6</b>	<b>22.8</b>	0.3%	68.3
Other Asia Pacific	0.4	0.3	0.3	<b>0.3</b>	<b>9.5</b>	0.1%	14.7
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>9.4</b>	<b>13.6</b>	<b>19.2</b>	<b>19.3</b>	<b>681.8</b>	<b>10.0%</b>	<b>31.8</b>
<b>Total World</b>	<b>128.1</b>	<b>163.5</b>	<b>193.1</b>	<b>193.5</b>	<b>6831.7</b>	<b>100.0%</b>	<b>52.6</b>
of which: OECD	13.8	14.7	17.7	<b>17.8</b>	<b>628.9</b>	9.2%	13.6
Non-OECD	114.2	148.9	175.4	<b>175.6</b>	<b>6202.8</b>	90.8%	74.2
European Union	3.6	2.6	1.2	<b>1.2</b>	<b>41.7</b>	0.6%	10.0

†Less than 0.05.

\*Less than 0.05%.

**Notes:** Total proved reserves of natural gas – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions. The data series for total proved natural gas does not necessarily meet the definitions, guidelines and practices used for determining proved reserves at a company level, for instance as published by the US Securities and Exchange Commission, nor does it necessarily represent BP's view of proved reserves by country.

**Reserves-to-production (R/P) ratio** – If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

As far as possible, the data above represents standard cubic metres (measured at 15°C and 1013 mbar) and have been standardized using a gross calorific value (GCV) of 40 MJ/m<sup>3</sup>.

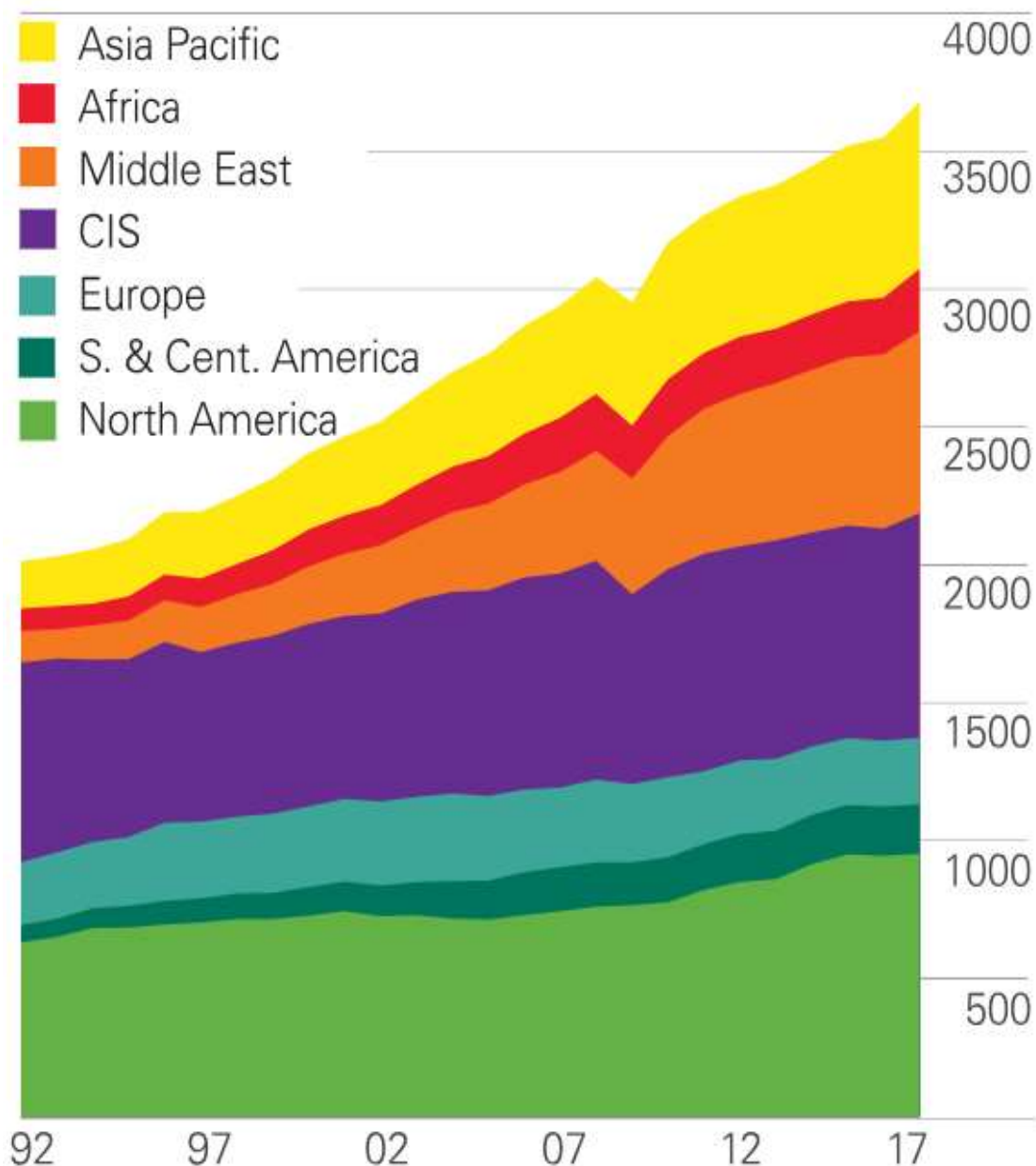
**Source of data** – The estimates in this table have been compiled using a combination of primary official sources and third-party data from Codigaz and the OPEC Secretariat.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2018.



A produção do gás natural teve um aumento significativo em 2017, cerca de 4%, representando a maior alta nos últimos anos desde o rescaldo da crise financeira. O valor do aumento chega em 131 bilhões de metros cúbicos (bcm). O crescimento russo teve maior taxa com 46bcm (8,2%), seguido pelo Irã com 21bcm (10,5%), Austrália com 17bcm (18%) e China com 11bcm (8,5%) segundo Gráfico 02.

Gráfico 02 – Produção de gás natural por região (bcm).

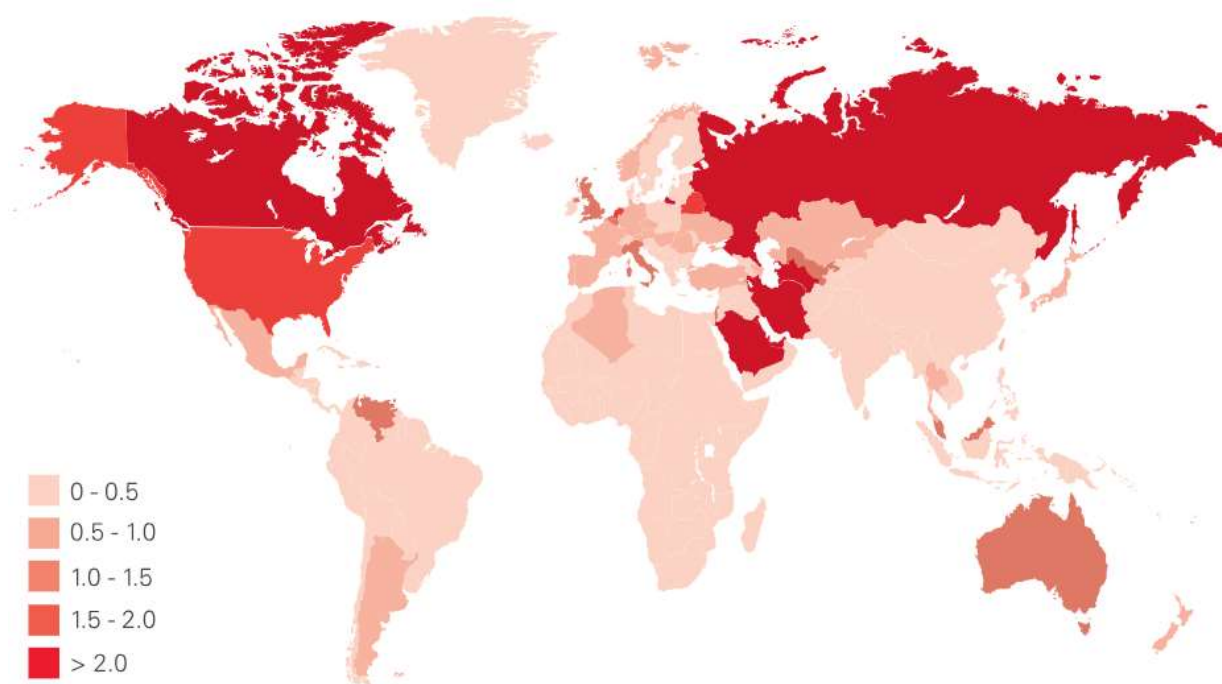


Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2018.



O consumo do gás natural teve o aumento mais rápido registrado desde o ano de 2010, subiu cerca de 3%, equivalente a 96bcm. O fator de maior impacto nesse aumento foi a demanda chinesa de gás, que aumentou mais de 15%, totalizando 31bcm, em média um terço do consumo global. Enquanto o consumo do Oriente médio aumentou 28bcm e a Europa 26bcm, o consumo nos Estados Unidos caiu 11bcm (British Petroleum).

Figura 02 – Consumo de gás natural per capita 2017 (toneladas equivalentes de petróleo)



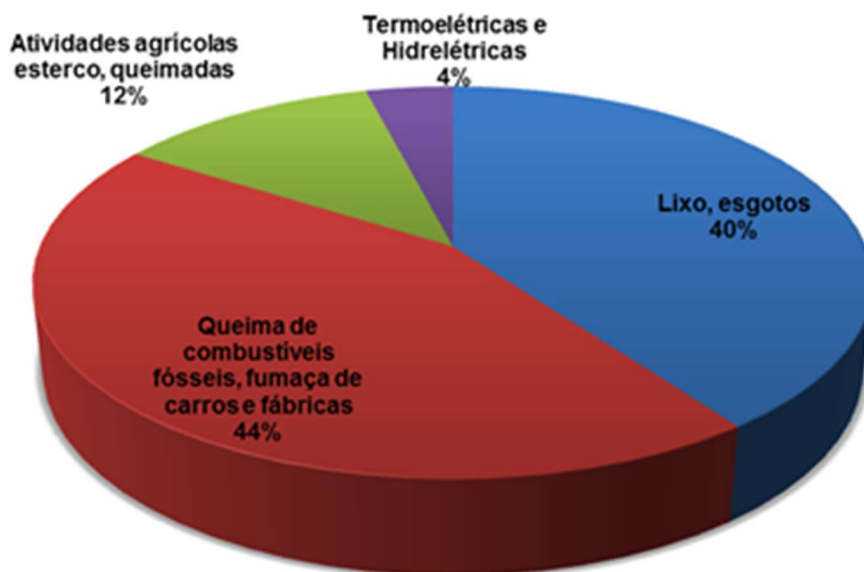
Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2018.

### 2.1.5 Impacto Ambiental

De acordo com POZZAGNOLO (2013), grande taxa da emissão de poluentes ao meio ambiente ocorre devido ao maior número da frota de veículos nos centros urbanos, isso resulta em grandes impactos à natureza e à saúde dos seres vivos.

O Gráfico 03 nos mostra a parcela responsável por cada atividade presente no nosso cotidiano. Evidenciando o problema devido a emissão de poluentes ao meio ambiente, gerado a partir da queima de combustíveis fósseis, no qual o setor de transporte é responsável por grande parcela.

Gráfico 03 – Principais geradores de gases poluentes na atmosfera.



Fonte: CZAPELA E ROSA (2013)

“Apesar de, individualmente, esse tipo de emissão ser pequena, ao se analisar o número de veículos existentes nas grandes cidades verifica-se a geração de toneladas de poluentes por dia”. (FAIZ *et al.*, 1996 apud MANZOLI e SCHAAL, 2004).

Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2012) a poluição do ar nas áreas metropolitanas tem se mostrado uma das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes, fato que preocupa toda a humanidade. Os veículos automotores são os principais causadores dessa poluição. Nos grandes centros urbanos das principais cidades do mundo a concentração de poluentes provenientes de gases de escapamento vem causando grandes danos à saúde. Estudos levantados nos Estados Unidos no estado da Califórnia verificou-se que os Hidrocarbonetos (HC) reagem com os Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) através da radiação solar, formando substâncias irritantes aos olhos como Peroxiacilnitrito (PAN) e Ozônio (O<sub>3</sub>). Em uma pesquisa similar feita também nos Estados Unidos com veículos da década de 50, resultou que os veículos emitem em média 52,0 g/km de Monóxido de Carbono (CO), 7,8 g/km de Hidrocarbonetos (HC) e 2,2 g/km de Óxido de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Anos depois a legislação do país restringia valores acima de 2,04 g/km de (CO), 0,15 g/km de (HC) e 0,24 g/km de (NO<sub>x</sub>), valores equivalentes a 4%, 2% e 10% dos emitidos nos anos 50 (PAVANI, 2012).

De acordo com FILIZOLA (2014), nota-se um significativo aumento na frota de veículos no Brasil, afetando diretamente na intensificação do fluxo de veículos nos grandes centros urbanos e congestionamentos frequentes. Além de ser prejudicial ao meio ambiente devido a poluição do ar, também tem grande influência na poluição sonora.

A poluição atmosférica é definida pela presença de substâncias nocivas na atmosfera, em quantidade suficiente que possa afetar seu equilíbrio ou composição. Isto afeta não só a vida de seres humanos, mas também vida animal e vegetal, prejudicial a bens culturais por causar deterioração dos mesmos ou de recursos naturais (AZUAGA, 2000).

Para TEIXEIRA et al (2008), as emissões causadas por veículos automotores levam inúmeros tipos de substâncias tóxicas, as quais têm efeito negativo quando estão em contato com nosso sistema respiratório. A queima incompleta de combustível gera essas emissões que são compostas de gases como: óxidos de carbono (CO e CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), dentre os quais estão alguns considerados cancerígenos, óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), entre outras substâncias.

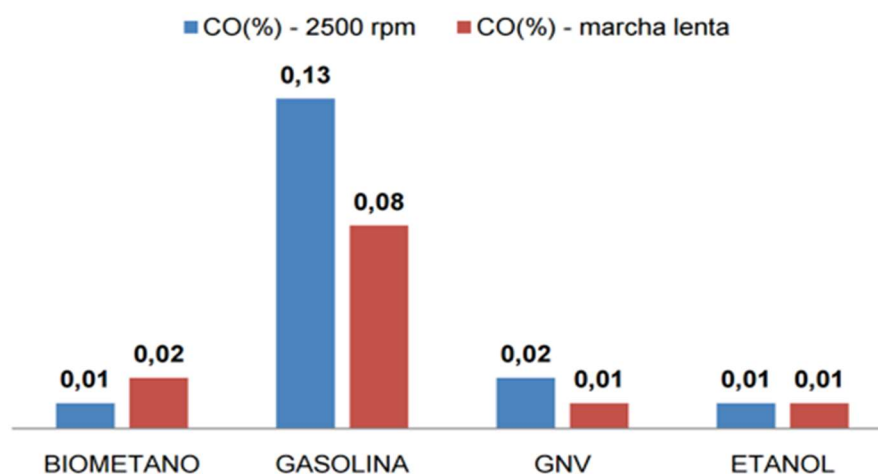
Pode-se observar na Tabela 05 e Gráfico 04, comparativos de emissões de CO e outros poluentes responsáveis pelo efeito estufa, emissões essas, comparadas de diferentes combustíveis, inclusive o gás natural.

Tabela 05 – Emissões de poluentes de combustíveis no ano de 2014 na RMPA (1000t/ano)

Poluentes/Combustíveis	CO	NOx	SOx	R-CHO	MP	HC
Gasolina	129,80	6,75	0,27	0,11	0,75	13,57
Álcool	16,97	1,00	*	0,08	*	2,02
Diesel	35,11	25,64	1,62	*	1,60	5,72
GNV	0,40	0,45	*	7,4x10 <sup>-5</sup>	*	0,22
Motos	13,46	0,27	*	*	*	1,92

Fonte: TEIXEIRA, 2008.

Gráfico 04 - Emissão de monóxido de carbono, oriunda da combustão de combustíveis



Fonte: WAGNER, 2014.

“Gás natural é considerado um dos mais importantes combustíveis alternativos da atualidade. Sua queima não gera emissão de partículas, além de exibir baixas emissões de CO e HC” (FLEURY e FREITAS JUNIOR, 2000, p.3).

“A emissão de CO<sub>2</sub> tem assumido o papel de grande vilão ambiental, pois o dióxido de carbono é o que mais contribui diretamente para o efeito estufa” (GASNET, 2014).

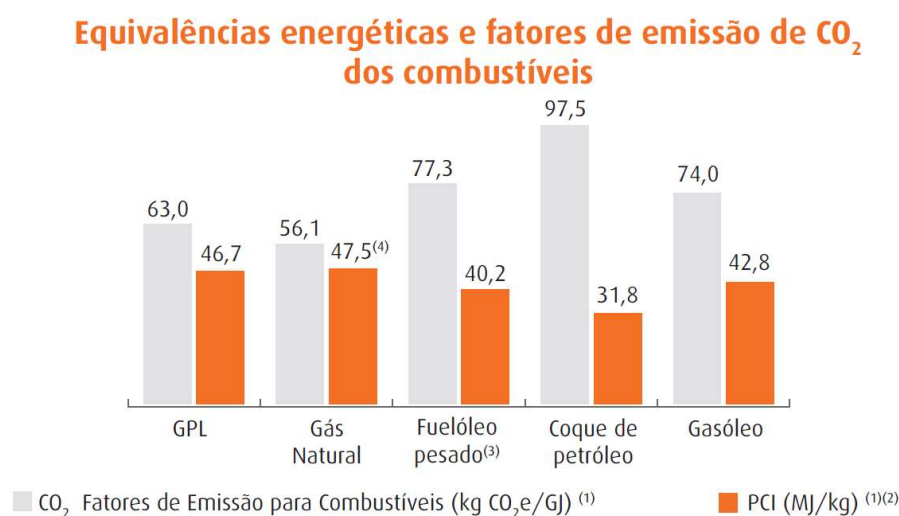
De acordo com a IGU (International Gas Union), a emissão de CO<sub>2</sub> de um veículo movido a gás natural veicular fica em média 20 a 30% menor do que um veículo movido a gasolina ou etanol. Além disso, reduz cerca de 50% a emissão de outros poluentes, principalmente no setor industrial, participando positivamente na qualidade do ar.

Analisando dados da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency) a utilização de gás natural para a geração de energia elétrica no setor industrial, pra cada 1kwh gerado reduz em 25% a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e redução de aproximadamente 99% de óxido de nitrogênio e de óxido de enxofre, compostos responsáveis para a acidificação da atmosfera, que favorece a chuva ácida.

“O uso na indústria também garante a diminuição de 97% da emissão de particulados, que atingem diretamente o sistema respiratório das pessoas.” (GASNET, 2014).

O Gráfico 05 descreve as proporções de emissão de CO<sub>2</sub> e a equivalência energética de determinados combustíveis.

Gráfico 05 – Equivalências energéticas e fatores de emissão de CO<sub>2</sub> dos combustíveis.



(1) Despacho 17313/2008

(2) c/base PCI médio dos combustíveis (Desp 17313/2008)

(3) “Fuelóleo pesado” = necessita de reaquecimento; Fonte INE

(4) Calculado com base nos valores médios de 2012 REN

Fonte: BP Statistical Review of World Energy, 06/2018.

### 2.1.6 Aspectos Econômicos

Um ponto muito relevante em que leva os usuários a optarem pela troca dos combustíveis líquidos conhecidos (álcool e gasolina) é o fato do valor ser bem menor gerando economia a cada quilômetro rodado. Quanto maior o percurso rodado por cada veículo, maior será o retorno do investimento da instalação do kit de gás natural veicular que chega aproximadamente a um custo de R\$ 5000,00 dependendo do kit instalado (LEROY, 2008 apud PAVANI, 2012).

Segundo Pavani (2012), o custo da manutenção corretiva e preditiva do veículo deve ser levada em conta, pois segundo artigos relacionados a conversão do gás natural veicular, esses veículos sofrem uma redução significativa nos processos de manutenção e lubrificação. Levando em consideração uma empresa que possui um número significativo de veículos movidos a gás natural veicular, no levantamento geral de gastos da empresa, haverá um decréscimo nos custos e acréscimo dos lucros resultando em balanço positivo. Não esquecendo que se deve acrescentar na tabela de gastos o valor referente a todos os materiais e processo de conversão para o uso de gás natural veicular, já que é necessário a instalação do kit para a utilização do combustível.

A Tabela 06 mostra dados de uma pesquisa feita pela Agência Nacional de Petróleo no mês de setembro de 2018 com os valores do gás natural veicular em postos de combustíveis de todos os estados que disponibilizam o combustível no Brasil.

Tabela 06 – Preço do GNV ao consumidor em cada estado no mês de setembro de 2018.

<b>DADOS ESTADO</b>						
<b>ESTADO</b>	<b>Nº DE POSTOS PESQUISADOS</b>	<b>Preço ao Consumidor</b>				
		<b>PREÇO MÉDIO</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>PREÇO MÍNIMO</b>	<b>PREÇO MÁXIMO</b>	<b>MARGEM MÉDIA</b>
ALAGOAS	11	2,992	0,003	2,988	2,999	0,757
AMAZONAS	4	3,155	0,047	3,09	3,19	0,672
BAHIA	31	2,837	0,129	2,58	2,999	0,895
CEARA	20	3,374	0,013	3,349	3,39	1,131
ESPIRITO SANTO	18	2,994	0,064	2,99	3,19	1,085
MARANHAO	2	3,499	0	3,499	3,499	-
MATO GROSSO DO SUL	7	2,757	0,114	2,659	2,999	0,903
MINAS GERAIS	11	2,982	0,174	2,547	3,199	0,721
PARAIBA	9	3,15	0,27	2,69	3,49	0,58
PARANA	11	2,707	0,435	2,59	3,65	-
PERNAMBUCO	26	2,599	0	2,599	2,599	0,812
RIO DE JANEIRO	245	2,79	0,266	2,359	3,799	0,731
RIO GRANDE DO NORTE	25	3,381	0,09	3,21	3,57	0,877
RIO GRANDE DO SUL	37	3,124	0,105	2,899	3,49	0,838
SANTA CATARINA	40	2,655	0,146	2,198	2,99	0,984
SAO PAULO	96	2,345	0,324	1,99	3,695	0,393
SERGIPE	4	3,39	0,019	3,359	3,399	0,649

**Data de Emissão: 17/09/2018**

Fonte: ANP 2018

Para base de comparação de valores, observa-se na Tabela 07 os preços da gasolina, referentes também ao mês de setembro de 2018. Levando em consideração o valor e o consumo por quilômetros rodados de cada combustível, podemos analisar a viabilidade econômica do gás natural veicular.

Tabela 07 – Preço da Gasolina ao consumidor em cada estado no mês de setembro de 2018.

DADOS ESTADO						
ESTADO	Nº DE POSTOS PESQUISADOS	Preço ao Consumidor				
		PREÇO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÁXIMO	MARGEM MÉDIA
ACRE	78	5,102	0,26	4,75	5,759	0,74
ALAGOAS	112	4,749	0,143	4,45	5,218	0,483
AMAPA	58	4,18	0,159	3,92	4,58	0,207
AMAZONAS	142	4,698	0,191	4,35	5,45	0,612
BAHIA	665	4,708	0,243	4,19	5,399	0,565
CEARA	436	4,615	0,133	4,26	4,99	0,545
DISTRITO FEDERAL	94	4,735	0,095	4,499	5,089	0,491
ESPIRITO SANTO	234	4,625	0,156	4,259	5,04	0,433
GOIAS	462	4,791	0,158	4,169	5,16	0,497
MARANHAO	242	4,364	0,21	4,08	4,999	0,465
MATO GROSSO	314	4,688	0,168	4,299	5,13	0,52
MATO GROSSO DO SUL	178	4,333	0,193	4,049	4,897	0,278
MINAS GERAIS	1159	4,868	0,153	4,2	5,589	0,4
PARA	228	4,688	0,272	4,25	5,25	0,407
PARAIBA	126	4,42	0,203	4,079	4,87	0,343
PARANA	725	4,406	0,192	3,99	4,97	0,363
PERNAMBUCO	378	4,384	0,241	3,98	5,139	0,303
PIAUI	131	4,631	0,122	4,499	5	0,292
RIO DE JANEIRO	837	4,979	0,188	4,399	5,79	0,436
RIO GRANDE DO NORTE	123	4,678	0,088	4,359	4,8	0,482
RIO GRANDE DO SUL	724	4,746	0,196	4,29	5,349	0,454
RONDONIA	140	4,674	0,14	4,29	5,07	0,573
RORAIMA	26	4,378	0,019	4,35	4,4	0,42
SANTA CATARINA	499	4,218	0,178	3,69	4,7	0,351
SAO PAULO	3281	4,353	0,191	3,749	5,099	0,413
SERGIPE	74	4,685	0,169	4,25	4,899	0,436
TOCANTINS	91	4,865	0,263	4,35	6,29	0,591

Data de Emissão: 17/09/2018

Fonte: ANP 2018

### 2.1.7 Consumo Médio

De acordo com Pavani (2012), somente a Fiat comercializa veículos movido a gás natural veicular originalmente de fábrica no Brasil, que seria o Siena Tetrafuel. Este veículo, por ser adaptado dentro da fábrica da Fiat, atende inúmeros requisitos em questão de qualidade e segurança da montadora e de órgãos regulamentares, garantindo ao cliente uma maior segurança e confiabilidade no produto adquirido.

Para o usuário, o retorno no investimento em um kit de gás natural veicular é fator decisório na sua escolha, além de aspectos de segurança. Analisando alguns simuladores de empresas como a Sergás e Gás Point, podemos verificar na Tabela 08, um comparativo de consumo de gás natural veicular e gasolina, utilizando um veículo Gol com motor 1.6, simulando que o usuário ande em média 100 km por dia, distância média percorrida por quem usa o veículo para trabalho no dia a dia. Foram considerados os valores dos combustíveis referentes ao estado de Minas Gerais.

Tabela 08 – Estimativa de custos para os combustíveis comparados.

<b>Combustível</b>	<b>Consumo</b>	<b>Consumo (100 km/dia)</b>	<b>Preço</b>	<b>Gasto/dia</b>	<b>Custo/km</b>	<b>Custo/30 dias</b>
GNV (m <sup>3</sup> )	12,96 km/m <sup>3</sup>	7,71 m <sup>3</sup>	R\$ 2,98	R\$ 23,00	R\$ 0,23	R\$ 690,00
Gasolina (L)	9,7 km/L	10,31 L	R\$ 4,86	R\$ 50,12	R\$ 0,50	R\$ 1.503,60

Fonte: Elaboração Própria (dados da SERGAS, GÁS POINT)

De acordo com a tabela acima, conclui-se que um usuário que anda em média 100 km por dia, durante 30 dias por mês, terá uma economia de aproximadamente R\$ 813,00 após a conversão do veículo movido a gasolina, para um veículo movido a gás natural veicular. Supondo que o kit instalado foi o de 5<sup>o</sup> geração (custo aproximado de conversão: R\$ 4.500,00), o tempo de recuperação do valor investido seria de aproximadamente 6 meses.

O tempo de retorno do valor investido é proporcional a distância percorrida pelo veículo em função do tempo. Usuários como taxistas, transportadores de carga e Uber, poderão ter esse tempo reduzido devido a quantidade de quilômetros percorridos a mais que usuários comuns. Não deixando de lado a valorização do veículo com a instalação do kit de conversão, que afeta diretamente ao retorno do investimento, ou a possibilidade de transferência do kit de conversão para um novo veículo adquirido (PAVANI, 2012).

Outra questão que se deve levar em conta ao calcular tempo de retorno financeiro investido na conversão, são os incentivos governamentais. Por se tratar de um combustível que minimiza o impacto ambiental trazendo benefício ao meio ambiente, alguns estados, de acordo com o número da frota de veículos e também do acesso à compra do gás natural veicular, esses estados oferecem uma redução no valor do IPVA (Imposto de Propriedade de Veículos Automotores) como incentivo a conversão. Em São Paulo, esse desconto é de 25% e no Rio de Janeiro chega a 75%. (FILHO, 2005 apud PORTAL GÁSENERGIA 2004).



### 2.1.8 Sistemas de Conversão

Para que um veículo possa ser abastecido com o combustível GNV é necessário que haja um novo sistema instalado no veículo, uma conversão específica. Essa conversão nada mais é que uma instalação de um kit para que se adapte ao novo combustível.

Ao passar dos anos, esses sistemas de conversão GNV tiveram uma grande evolução técnica significativa para se adaptarem a novos modelos de motores, tipos de injeção e maior controle sobre a emissão de poluentes. Essa evolução se dá o nome de “Gerações de Kits de Conversão”, que atualmente são divididas em 5 classes (evoluções dos kits) sendo que a 5ª geração atende atualmente as exigências de emissões de poluentes e se adaptam aos sistemas de injeção eletrônica multiponto (VALIENTE, 2006).

De acordo com PAVANI (2012), os kits de conversão são classificados quanto a sua utilização e especificação técnica da seguinte maneira:

- 1º Geração: Primeiro kit que surgiu no mercado, era dedicado apenas a carros que possuíam motores com carburadores mecânicos. O gás contido no cilindro sofre uma redução de pressão ao passar por um redutor que possui 3 estágios, no qual passa pelo misturador, sendo aspirado por meio da depressão no coletor de admissão do motor. O sistema possui dois registros mecânicos, um responsável pelo funcionamento do motor em marcha lenta e o outro pelo funcionamento do motor em carga. No regulador de GNV existe uma válvula tipo agulha que permite ajustar a proporção da mistura de ar/GNV. A primeira geração do kit GNV possui altos índices de emissão de poluentes e alto consumo de combustível por não conter nenhum tipo de controle eletrônico no motor, que prejudica também seu rendimento térmico. O uso desse kit de conversão em veículos com injeção eletrônica não é recomendável por ser prejudicial ao funcionamento do motor e conseqüentemente, seu desempenho.
- 2º Geração: Essa geração de kit pode ser usada em automóveis com carburadores mecânicos e com injeção eletrônica do tipo monoponto (Com apenas um bico injetor). Neste caso o redutor de pressão possui uma regulagem da sensibilidade da membrana do 3º estágio, no qual o gás dissipa para o misturador após ter sua pressão diminuída do cilindro através desta membrana, e é aspirado pela diminuição de pressão no coletor de admissão do motor. A principal diferença que se dá entre a 1ª geração e a 2ª geração se dá pela substituição do registro mecânico responsável pela regulagem da

mistura ar/GNV para um motor de passo ou modulador de pressão controlado eletricamente que ajusta a mistura de gás natural com o ar de admissão. Este sistema possui um alto índice de emissão de poluentes e alto consumo de combustível mesmo com controle mais preciso da quantidade de combustível injetado no coletor de admissão do motor. Notando também baixo rendimento térmico comparados à gerações futuras.

- 3° Geração: Utilizada somente em automóveis que possuem sistemas de injeção eletrônica e com catalisador (Conversor catalítico de gases do escape). A redução de pressão do cilindro para o sistema, baseia-se nas gerações anteriores, utilizando o mesmo redutor de três estágios com controle eletrônico de liberação de fluxo de gás. Porém, utiliza-se atuadores responsáveis por regular a vazão de gás natural para o misturador, esse atuadores são comandados eletronicamente por um processador em malha fechada, em função do sinal emitido pelo sensor de Oxigênio – sonda lâmbida – original do automóvel. O último componente desse kit em que o fluxo de gás natural atravessa é o misturador, isso antes que ele seja aspirado pelo método de depressão no coletor de admissão do motor.

Este kit possui maior eficiência de combustão aumentando o desempenho do motor, isso se dá por se tratar de um sistema mais moderno que possui um variador de avanço do ponto de ignição que executa informações recebidas do módulo da injeção eletrônica através de sensores que tem o papel de verificar a posição do eixo do virabrequim, fazendo com que o ponto de ignição seja reajustado no processo de combustão.

Caso o usuário tenha que usar o combustível original, no caso a gasolina, o fornecimento de gás é interrompido através de uma válvula elétrica desde que seja selecionado a chave comutadora, do mesmo modo em que os sistemas de injeção monopontos possuem uma válvula elétrica capaz de interromper o fornecimento de combustível original quando o gás natural é selecionado. Essa mesma função é realizada por um emulador de válvulas injetoras no caso da injeção multiponto, que são conhecidos como “bicos injetores”, eles simulam um sinal de funcionamento para a ECU (Electronic Control Unit) impedindo que haja a injeção de combustível. Com frequência, domina-se o módulo de comando da injeção eletrônica como unidade central de comando eletrônico.

Comparados aos sistemas anteriores de conversão, o kit de 3º geração se destaca por sua redução de índice de emissão de poluentes e baixo consumo de combustível, devido a maior precisão resultante do controle eletrônico de injeção de gás natural. Outro ponto é o controle do avanço de ignição, resultando em um maior índice de rendimento térmico.

- 4º Geração: Assim como a 3º geração, ele também é usado somente em veículos com sistemas de injeção eletrônica de combustível e com catalizador. A diferença se dá no processo de admissão de gás natural no motor, ao invés de ser aspirado por meio de depressão no coletor, o gás é injetado pelo sistema de injeção eletrônica – válvula de fluxo contínuo, que diferente das gerações passadas, dispensa a necessidade de um misturador de combustível.

Os kits de geração 3 e geração 4 são muito semelhantes quando comparados as características e componentes do sistema. Mas no caso da 4º geração, a perda de fluxo é bem menor comparado ao kit anterior, por não necessita do misturador e a aspiração do gás no coletor de admissão pelo processo de depressão, pois são substituídos pela injeção eletrônica, eliminando as restrições entre os mescladores ou misturadores. Fatores que resultam no aumento de torque e de potência, diminuindo ainda mais a emissão de poluentes e de consumo de combustível.

- 5º Geração: Kit mais utilizados nos dias de hoje, dedicado apenas a veículos com injeção eletrônica e catalisador. Essa geração é bem semelhante a 4º geração, pois também possui uma injeção direta de gás natural no coletor de admissão, porém, esses injetores são de última geração com grande semelhança aos originais do veículo, deixando de ser uma simples solenóide e atuando como um sistema de injeção eletrônica sequencial, resultando em uma maior precisão de na quantidade de gás injetado e na qualidade da mistura dos gases.

Esses injetores normalmente são importados e conseguem adequar a sua vazão de acordo com cada tipo de cilíndrada do motor, resultando em uma melhor qualidade na mistura de ar/GNV injetada comparado ao uso de um misturador de ar–gás natural.

As outras características comparadas ao kit de 4º geração são bem parecidas. O sistema de injeção eletrônica sequencial junto a calibração de motor presentes no kit de 5º geração, apresentam o que há de mais avançado e preciso nos sistemas de

conversão nos dias de hoje. O kit dispõe de dois módulos de injeção eletrônica, um dedicado ao combustível original do veículo e o outro dedicado ao gás natural. Com este módulo dedicado apenas ao gás natural, o mapa de avanço de ignição de injeção se tornam mais precisos que os demais kits, resultando em melhores características de rendimento térmico e baixa na emissão de poluentes na atmosfera. Na Tabela 09 podemos observar as principais características que evoluíram comparados ao kit de 5ª geração e os seus antecessores.

Tabela 09 – Descritivo da evolução de algumas características dos kits de conversão.

Kits de Gerações anteriores	Kit 5ª geração
Tecnologia monoponto gerenciado. Utiliza misturador que ocasiona estouros (back-fire).	Tecnologia multiponto ( bicos injetores sem misturador) sem estouro ( back-fire)– Maior eficiência.
Mistura variável por válvula (pouca eficiência instabilidades e falta de potência), ou fixa (torneirinha – reduz a vida do motor).	Mistura variável controlada por válvula de injeção – Maior estabilidade de marcha lenta e progressividade de aceleração.
Presença do misturador que estrangula a entrada da admissão e reduz a potência.	Não existe misturador, o motor roda livre. Maior potência.
Baixa eficiência na alimentação.	Tecnologia multiponto ( bicos injetores sem misturador) sem estouro ( back-fire)– Maior eficiência.
Transição de combustível ocorre no tranco, corte do combustível líquido e entrada do gás.	Transição suave e progressiva, um bico muda por vez.
Não pode ser instalado em motores complexos.	Permite a instalação em praticamente todos os tipos de motores.
Impossibilita o uso de dois combustíveis ao mesmo tempo, troca manual.	Permite a instalação em motores híbridos.

Fonte: Gás Natural Fenosa, 2018.

#### 2.1.8.1 5ª Geração dos Kits de Conversão

O kit mais utilizado na atualidade é o de 5ª geração, apresentando alta tecnologia, maior eficiência e menor taxa de emissão de poluentes. De acordo com a Gás Point, a Lovato é marca mais vendida de kits de conversão GNV, pertencendo ao grupo de maiores marcas do mundo, atualmente sediada na Itália. Possui em seu kit uma injeção multiponto de GNV para motores 4 cilindros, atende todas as normas e exigências nacionais e internacionais, configurável via software e auto ajustável, livres da maior parte da perda de potência, podendo chegar a perda 0 se tratando do kit Lovato Easy Fast que permite a utilização do sistema híbrido no kit, injetando uma porcentagem de combustível líquido junto ao gás natural.

Podemos ver na Figura 03 a relação dos itens para a instalação do kit de 5ª geração para a conversão de veículos para o uso de gás natural veicular.

Figura 03: Esquemática dos itens do kit GNV de 5ª geração LOVATO.



Fonte: GÁS POINT, 2018

Descrição dos itens usados no kit de 5ª geração de conversão para o uso de gás natural veicular da marca Lovato:

- Redutor de Pressão: Responsável pela redução de pressão do gás natural do cilindro para o sistema. Este redutor apresenta melhores resultados e adaptável a diversos tipos de veículos. Se destaca dos demais por apresentar dimensões bem reduzidas facilitando a instalação, possui também um sensor de temperatura integrado, atendendo a maioria das faixas de potências dos veículos.
- Bicos Injetores: Responsável pela injeção de gás natural, utilizam alimentação Bottom Feed, funcionam sob altas condições de vibração, interferências eletro-magnéticas e podendo trabalhar com temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $135^{\circ}\text{C}$ . Recomenda-se a troca a cada 100 mil quilômetros rodados.

- **Módulo de Injeção:** A sua lógica de sistema e processador são idênticos aos de sistemas de injeção de gasolina, utilizando arquiteturas AID em seus softwares. Atendendo a todas normas mundiais de emissão e permitindo completa configuração de mapas de ignição e injeção, resultando em uma menor perda de potência. Uma característica que se destaca é o método Fuel Burst, que possibilita o ajuste na injeção de gás natural em um determinado momento onde possibilita o uso de mais força se necessário.
- **Chicotes e Conectores:** Com a intenção de realizar o mínimo de modificações possíveis nos veículos, os chicotes utilizados nesse kit atendem os mais rígidos padrões automotivos e os conectores são inoxidáveis a prova d'água e com travas especiais. Essas configurações eliminam a necessidade da realização de cortes, emendas, soldas. As conexões de baixa tensão são feitas de cabos blindados, protegendo a precisão dos sinais.
- **Chave Comutadora:** Comando dedicado a seleção do combustível a ser usado, normalmente fixado no painel do veículo permitindo o fácil acesso ao motorista, podendo alterar o combustível utilizado com o carro em movimento. Por apresentar tamanho reduzido, pode-se fixá-lo em qualquer parte do painel do veículo, apresentando também informações sobre a disponibilidade de gás natural no cilindro. Através do gerenciamento da centralina, o sistema comuta automaticamente de gasolina para gás, ou o inverso pelo método bico-a-bico, evitando a percepção de qualquer oscilação.
- **Filtro GNV:** Responsável pela filtragem do combustível, eliminando completamente qualquer tipo de impureza e resíduos resultantes de compressores em mau estado.
- **Suporte do Cilindro:** Homologado pelo INMETRO, assegura a fixação do cilindro mesmo em condições que podem resultar em altas desacelerações resultantes de colisões frontais. Possui uma camada externa bi-cromatizada contendo cintas de borracha evitando possíveis ruídos.

- Terminais Automotivos: Substituem elementos de fixação como a fita isolante e soldas de estanho, responsável por um maior índice de interrupções de corrente. Com estes terminais podemos aumentar a estabilidade elétrica, evitando o rompimento nos chicotes originais do veículo, diminuimos os ruídos provenientes de indução eletromagnética, reduzindo o tempo de instalação do kit.
- Tubo de Alta Pressão: Produzido em aço e homologado pelo INMETRO, ele é responsável pelo transporte de gás natural do cilindro ao redutor. Não possui costuras, proporcionando maior resistência a altas pressões e possíveis colisões. Recomenda-se sua fixação por abraçadeiras emborrachadas acima do chassi, para maior segurança e evitando ruídos.
- Válvulas de Abastecimento Externo: Item opcional, normalmente instalados ao lado da entrada do tanque de combustível original. Utilizada para o abastecimento do cilindro, tornando mais fácil o procedimento por evitar a necessidade da abertura do capô para a realização do mesmo.
- Variador de Avanço: Responsável pela redução da perda de potência original do veículo, podendo diminuir de 30% para apenas 10%. Também caracterizado como item opcional.

#### 2.1.9 Desempenho do Motor Movido a Gás Natural

Para PAVANI (2012), o principal composto químico do gás natural é o metano, que apresenta uma temperatura de autoignição muito superior a gasolina e com breve aumento quando se comparado ao etanol. Com maior índice de octanagem comparado aos demais combustíveis, ele se torna ideal para o uso de veículos de combustão interna e uso de centelhas (vela de ignição), pois a propriedade antidetonante alcança um número de RON (Research Octane Number) de 130.

Quando comparamos as propriedades químicas de combustíveis, nota-se que o metano possui PCI (poder calorífico inferior) 12% maior que o da gasolina. Comparando a mistura estequiométrica de metano/ar, o conteúdo energético por unidade de volume apresenta uma

porcentagem 10% menor quando comparada a mistura gasolina/ar. Conclui-se então, que um motor movido a gás natural apresenta uma perda de potência equivalente a 10% quando comparado a um veículo movido a gasolina, por apresentar um conteúdo energético menor por unidade de volume da mistura estequiométrica (BARBOSA, 1996).

De acordo com BRUNETTI (1992), a representação de melhores resultados do combustível operando no motor com baixas rotações se dá por RON, e quando ocorre em altas rotações denomina-se MON (Motor Octane Number). Como a detonação ocorre com mais facilidade em altas temperaturas, conseqüentemente o RON deve ser alto, para que haja maiores rotações resultando nesse aumento de temperatura.

Denomina-se detonação como uma combustão anormal inesperada da mistura que ainda não havia sido queimada na câmara de combustão. A vela de ignição avança uma chama onde a mistura que não havia sido queimada é comprimida e aquecida, alcançando em todo o cilindro a temperatura de autoignição do combustível. A combustão só ocorre normalmente quando a chama original passa pela mistura antes de ocorrer o retardamento químico da combustão. Caso não ocorra como o esperado, a mistura de ar/combustível se inflamara em pouco tempo, em um volume constante, acarretando assim a um aumento brusco de pressão no interior da câmara, ocorrendo a propagação de ondas de choque, apresentando um ruído onde popularmente é conhecido como “batida de pino”. A ocorrência da detonação traz diversos malefícios ao sistema como danos ao motor, baixo desempenho, alto consumo, erosões em superfícies sólidas, como por exemplo os pistões. A ocorrência desse fenômeno em ações prolongadas leva a pré-ignição, que se define pela combustão causada por um ponto quente no cilindro. Este ponto quente faz com que a mistura de ar/combustível entre em autoignição antes que a centelha da vela de ignição seja acionada. Nos motores atuais, usa-se métodos de controle através de sensores para evitar esse fenômeno, no qual eles interpretam os ruídos da combustão fazendo o recuo ou avanço quando necessário (PAVANI, 2012).

Ainda segundo PAVANI (2012), o número de RON da gasolina utilizada no Brasil chega aproximadamente a 93, ainda bem abaixo do metano que apresenta 130 e se enquadrando melhor a motores de ignição por centelha. A taxa de compressão dos motores atuais varia de acordo com o combustível, normalmente de 9,5:1 para a gasolina e 13:1 para o etanol/flex. Normalmente a taxa de compressão do gás natural fica em torno de 17:1, valor muito distantes dos encontrados nos mercados atuais. Isso confirma que um motor movido a gás natural operando a uma taxa de compressão de 17:1 apresenta um melhor rendimento térmico resultando em um desempenho igual ou superior a um motor operando com gasolina. Porém quando se trata de motores movidos exclusivamente a gás natural, apresentam altos



picos de temperatura comparados a motores a gasolina, já que trabalham com altas taxas de compressão.

A mistura de ar/gás natural ocupa um volume 10% maior que a mistura ar/gasolina em um mesmo conteúdo energético, devido à baixa densidade do gás natural. Então quando se trata de um veículo adaptado para utilizar como combustível o gás natural ou a gasolina, a quantidade de ar/gás natural aspirada pelo coletor de admissão é aproximadamente 10% menor que a mistura de ar/gasolina, comprometendo substancialmente o desempenho do motor. Então, compreende que o aumento da taxa de compressão aumenta também a eficiência volumétrica, resultando em maior potência (BARBOSA 1996).

A perda de potência de motores movidos a gás natural comparados a motores movidos a gasolina chega a aproximadamente 30%, dos quais 10% são resultados da baixa densidade do gás natural e os outros 20% de acordo com o kit de conversão a GNV (MAXWELL, 1995).

Para PAVANI (2012), os kits de conversão sofreram uma grande evolução admitindo maior controle eletrônico. A injeção de gás que hoje é feita diretamente nos dutos de admissão do cabeçote, antes eram realizadas por aspiração. Os módulos de gás chegaram no mercado para controlar o avanço de ignição tornando seu controle mais preciso. Diante de tantos avanços nos sistemas, podemos afirmar que a perda de potência que antes era de 30%, hoje caiu para aproximadamente 15%.

#### 2.1.10 Segurança Quanto ao Uso do Gás Natural Veicular

Um projeto de lei expedido pelo deputado Romero Rodrigues determina algumas orientações a serem seguidas para garantia da segurança de usuários dos kits de gás natural veicular e demais pessoas que tenham contado com esse tipo de sistema, seja instalação ou risco de explosões ou outros acidentes, podendo causar danos a todos que estejam ao redor do veículo.

##### **PROJETO DE LEI Nº 2958 DE 2011**

Dispõe sobre normas de segurança para os veículos automotivos abastecidos por gás natural veicular (GNV).

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º É obrigatória, em todo o território nacional, nos veículos automotivos abastecidos com gás natural veicular (GNV) produzido, vendido ou convertido para o uso desse combustível, a utilização de tanques de combustível certificados com o

selo do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

Art. 2º Nas revisões periódicas a que forem submetidos os veículos automotivos abastecidos com gás natural veicular, deverão ser verificadas, pelos estabelecimentos responsáveis pelas revisões, as condições de estanqueidade dos tanques de combustível, a fim de garantir a segurança de seu uso.

Art. 3º Os tanques de combustível dos veículos abastecidos com gás natural veicular deverão ser requalificados a cada cinco anos, por estabelecimentos devidamente credenciados pelo Inmetro, devendo ser providenciada a substituição dos tanques considerados sem as necessárias condições de segurança de uso.

Art. 4º O descumprimento das disposições desta lei sujeitará os infratores a multas de dez mil reais, além da apreensão dos veículos, a fim de serem adotadas as providências para sua regularização, além da apreensão dos veículos, a fim de serem adotadas as providências para sua regularização.

Art.5º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

#### JUSTIFICAÇÃO

A cada vez mais ampla utilização do gás natural como combustível veicular em nosso país, a par de proporcionar uma saudável e bem-vinda diversificação de nossa matriz energética e a redução das emissões de poluentes atmosféricos, gera também preocupações quanto às reais condições de segurança dos veículos abastecidos com esse combustível.

Creemos ser necessário estabelecer em lei condições severas para o uso desse tipo de combustível em veículos automotivos, inclusive para estimular e ampliar a conscientização de nossa população para garantir a sua própria segurança, quando utilizarem tais meios de transporte. (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2011).

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), o combustível mais seguro comparados aos demais combustíveis líquidos disponíveis no mercado atualmente é o gás natural veicular. Se trata de um combustível mais leve que o ar e armazenado em cilindros de alta pressão. Como o sistema possui válvulas de segurança que se fecham caso ocorram rompimento de tubulações ou qualquer outra anomalia, pode-se excluir os riscos de explosão. Devido a essas afirmações, raros acidentes que são relacionados ao uso do gás natural veicular, resultaram de equipamentos inadequados, profissionais desqualificados ou vistorias periódicas programadas não realizadas. Recomenda-se que essas conversões sejam realizadas apenas em oficinas credenciadas pelo INMETRO.

Estimativas da Associação Internacional de Veículos a Gás Natural (IANGV, na sigla em inglês) apontam que, até 2020, 80% da frota mundial de automóveis - o equivalente a 65 milhões de veículos - serão movidos a GNV. No Brasil, diante da recessão financeira, consumidores estão adotando o gás natural devido ao preço mais acessível, segundo a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás). A frota atual movida a GNV é de cerca de 1,9 milhão de veículos. Com foco na segurança, a ABNT Editora disponibiliza a coletânea eletrônica “Sistema de Gás Natural em Veículos Automotores – Instalação do GNV”, contendo as normas técnicas necessárias para um serviço eficiente. A publicação digital, com 151 páginas, contém os seguintes documentos:

- ABNT NBR 11353-1:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular (GNV). Parte 1: Terminologia*, que apresenta as definições utilizadas nas instalações veiculares de GNV.
- ABNT NBR 11353-2:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular. Parte 2: Injetores, indicadores, misturadores, dosadores, injeção e controle*, que estabelece os requisitos mínimos de segurança para injetores, indicadores, misturadores, dosadores, injeção e controle.
- ABNT NBR 11353-3:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular (GNV). Parte 3: Redutores de pressão*, que estabelece os requisitos mínimos técnicos e de segurança para redutores de pressão de GNV.
- ABNT NBR 11355-4:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular. Parte 4: Cilindro, válvulas, sistemas de ventilação e linha de alta pressão*, que estabelece os requisitos mínimos de segurança para cilindros, válvulas, sistema de ventilação e linha de alta pressão.
- ABNT NBR 11355-5:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular (GNV). Parte 5: Suportes em geral*, que estabelece os requisitos mínimos de segurança para os suportes na instalação de sistemas de GNV.
- ABNT NBR 11355-6:2007 - *Veículos rodoviários e veículos automotores - Sistema de gás natural veicular. Parte 6: Instalação*, que estabelece os requisitos mínimos para execução e instalação de sistemas de gás natural veicular, para uso exclusivo do GNV comercial, visando à segurança do veículo adaptado, a qualidade do serviço de instalação e o bem-estar do usuário.
- ABNT NBR 13200:1994 - *Cálculo do volume de gás armazenado em cilindro de alta pressão*, que fixa os conceitos básicos utilizados no cálculo do volume de gás armazenado em cilindro de alta pressão. (ABNT, 2017)

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para a realização deste trabalho realiza-se um estudo quantitativo, onde levanta-se questões abordadas de quatro estratégias: análise de arquivos, levantamento, pesquisa histórica e revisão bibliográfica. Durante todo o decorrer da pesquisa, cada estratégia é citada ao menos uma vez e sendo decorrentes de situações complementares ao tema.

Dentre as características do combustível, é pesquisado sua origem, todo o processo de aumento de sua procura, leis que regulamentam seu uso e que também influenciam diretamente a busca pela alternativa.

Uma análise econômica é realizada através de coleta de dados recentes, onde mostra as relações dos preços dos combustíveis gasolina e gás natural por todo o Brasil. Também é informado a relação de consumo por quilômetro rodado de cada combustível, que logo após, pode-se relacionar os dados coletados para obter o valor aproximado do custo financeiro para cada quilômetro rodado em ambos os combustíveis. Também se leva em consideração os custos com manutenção do veículo, instalação do kit de conversão e incentivos governamentais.

Um dos pontos com maior ênfase do trabalho é emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. É realizado um estudo a partir de informações e dados coletados, onde ressalta a porcentagem de emissão de cada substância ocasionada pela queima do gás natural. Isto demonstra a parcela de cada combustível, onde se conclui qual o que tem maior índice de agressão ao meio ambiente.

Foi coletado, algumas informações referentes a instalação do kit de conversão, onde pode-se observar todos os componentes do kit de conversão e características que tiveram evoluções no decorrer dos anos, de acordo com a evolução dos kits. Equipamentos de segurança, revisões periódicas e recomendações para maior segurança e prevenção de acidentes.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gás natural descoberto antes de 2000 a. c., teve um grande aumento em sua procura após a amplitude de aplicações do combustível. Primeiro usado em iluminações nas ruas da Europa e logo após experimentos, foi descoberto sua eficiência quando misturado ao ar para a queima, e logo foi aplicado ao funcionamento de veículos automotores.

O uso em veículos automotores foi crescendo no exterior e logo ganhou força no Brasil. Após o alto número de usuários interessados no combustível, diversos taxistas optaram pelo gás natural se beneficiando economicamente e ajudando com a diminuição de emissão de poluentes, fator que levou alguns estados a incentivarem o uso do combustível por meio de descontos no IPVA.

Mesmo com o grande aumento de veículos movidos a gás natural no Brasil, estamos em 6º lugar nos países que mais utilizam o combustível. A China lidera primeiro lugar com mais de 5 milhões de automóveis, isso por conta de seu avanço tecnológico, números de habitantes que afetam o número de veículos e exploração do combustível.

O gás natural é originado de degradações de matérias orgânicas e de carvão e pode ser encontrado em reservatórios subterrâneos, sendo na terra ou mar. Em sua composição química encontra-se o metano em elevado índice no combustível, seguidos de hidrogênio, nitrogênio e dióxido de carbono com pequenas parcelas no mesmo.

Nota-se um aumento significativo nos últimos anos na produção e reservas de gás natural, que aumentaram a sua demanda. Em 2010 seu aumento foi significativo de decorrências de demanda da China, Oriente Médio e Europa.

De acordo com dados descritos no trabalho, nota-se que a porcentagem mais alta responsáveis pela emissão de poluentes na atmosfera, se dão pela queima de combustíveis dos carros e indústrias. Nota-se pequenas taxas de emissão de CO originados pela queima do gás natural, isso destaca uma vantagem de alta relevância no uso de gás natural em veículos e também em indústrias, que pode diminuir a taxa de emissão de poluentes em um índice significativo.

A questão econômica se destaca por dois fatores, preço e consumo. O preço do gás natural comparado com o preço da gasolina em um mesmo estado apresenta uma economia média de 30% a 40%, além de que seu consumo também apresenta uma economia de cerca de 40%, que quando somados representam um grande incentivo ao consumidor. Mesmo com o valor pago para a instalação do kit de conversão no veículo, a economia gerada por cada

quilômetro rodado é capaz de trazer o retorno do investimento em menos de 1 ano de acordo com casa usuário.

A evolução dos kits de conversão trouxe uma maior expectativa do comprador do sistema. Fatores como perda de potência e segurança eram questões de muita insatisfação dos clientes nas primeiras gerações dos kits. Com o avanço tecnológico dos equipamentos e adaptação aos novos sistemas de motores, a perda de potência foi reduzida com índices significantes de valores em torno de 30% para apenas 10%, valores estes quase imperceptíveis nos dias atuais.

Com a adequação dos equipamentos as normas da ABNT e instalações em oficinas credenciadas pelo INMETRO, hoje o sistema de conversão para gás natural veicular se tornou um sistema tão seguro ou ainda mais seguro que os demais combustíveis. Acidentes relacionados ao combustível se dão por falhas humanas no processo de abastecimento, instalações em oficinas não credenciadas e vistorias periódicas não realizadas dentro do prazo.

## 5 CONCLUSÃO

Com base na revisão teórica do trabalho e seguindo as estratégias propostas, podemos trazer para esse tópico, conclusões analisadas sobre a viabilidade do uso do gás natural como combustível em veículos automotores comparado com o uso da gasolina.

Uma possível escassez de outros combustíveis e a busca por uma alternativa mais econômica e mais limpa, fez com que o gás natural ganhasse força no mercado competitivo. Nota-se uma grande evolução na busca pelo gás natural desde sua descoberta até os dias de hoje.

A aplicação do gás natural não se dá apenas em automóveis, mas também tem um papel muito importante nas indústrias. A sua utilização traz benefícios quanto a economia, mas também combate diretamente o índice de emissão de poluentes, reduzindo mais de 90% a taxa de emissão. Seu uso em veículos automotores se intensificou com taxistas no Rio de Janeiro, que buscavam alternativas para reduzir custos, no qual foi aumentando-se as buscas por todo o Brasil fazendo com que estados criassem projetos que incentivassem o uso do gás natural, por ser um combustível que causa baixo impacto ambiental.

Uma desvantagem inicial seria o valor de investimento para a aquisição e instalação do kit de conversão. Mas temos por outro lado um valor de combustível cerca de 40% mais barato que a gasolina, que traz uma alta competitividade no mercado atual, levando em consideração que não há fácil acesso ao combustível em todos os estados do Brasil. Devido sua composição química, taxa de compressão e outras características, o gás natural se torna um combustível de baixo consumo quando se comparado a outros combustíveis, tornando-o mais econômico. Portanto, o investimento inicial deixa de ser uma desvantagem quando se analisa um retorno próximo graças ao fator preço e o fator consumo, e em alguns casos, o desconto no IPVA concedido em alguns estados.

Nota-se uma grande vantagem o fato de ter mais uma opção de combustível disponível no veículo, como por exemplo nos veículos movidos a álcool e gasolina sucessivamente, além desses dois combustíveis, também poderá usar um terceiro, que é o gás natural. Isso se faz viável quando haja a interrupção de transportes de combustível por caminhões por qualquer outro motivo, o fornecimento do gás natural continua normalmente na maioria dos postos, já que seu transporte pode ser feito por tubulações abaixo do solo.

A perda de potência se torna uma grande desvantagem considerada no sistema. Os kits de conversão foram evoluindo ano após ano, melhorando o sistema e se adaptando aos novos veículos disponíveis no mercado. Hoje com toda a tecnologia investida no kit de 5º geração

que se tornou o mais adequado e mais utilizado em veículos atuais, essa perda de potência foi reduzida para 10%, valor que ainda causa insatisfação em alguns clientes. Deve-se entender que diante de tantas vantagens que o sistema fornece, essa perda pode ser desconsiderada e talvez poderá ser eliminada em gerações futuras.

O sistema de conversão para o uso de gás natural veicular, dentro de toda sua adaptação e evolução, se tornou um sistema muito seguro, tão quando o uso dos demais combustíveis. Relatos de acidentes ocorridos relacionando o uso do gás natural, se dão diretamente aos primeiros kits fabricados, nos quais não existiam toda tecnologia atual aplicada e a falhas humanas. O kit deve ser vistoriado periodicamente para comprove que os itens possam dar continuidade no uso e toda instalação e manutenção deve ser feita em oficinas credenciadas pelo INMETRO, com profissionais capacitados para a execução do trabalho.



## REFERÊNCIAS

- ABNT.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. GNV é seguro, mas instalação exige cuidado. Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/5484-gnv-e-seguro-mas-instalacao-exige-cuidado>>. Acesso em 20 de setembro de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO GÁS NATURAL VEICULAR.** O Uso do Gás Natural em Veículos. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2018.
- ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DAS EMPRESAS DE GÁS NATURAL.** Breve História do Gás Natural. Brasil. Disponível em:< <http://agnatural.pt/pt/o-gas-natural/breve-historia-do-gas-natural>>. Acesso em: 20 de junho de 2018
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 19 de fev. de 2018.
- AZUAGA.** Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia – UFRJ, 2000.
- BARBOSA, C.R.F. et al.** Desempenho de um motor estacionário a gasolina, convertido para operar com injeção eletrônica de gás natural. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Bauru, 1996. Anais. bauru, UNESP, 294p.
- BP GLOBAL.** Reservas de Gás Natural. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/natural-gas/natural-gas-reserves.html>>. Acesso em: 02 de junho de 2018.
- BRET-ROUZAUT, Nadine; JEAN-PIERRE, Favennec.** **Petróleo e Gás Natural:** como produzir e a que custo. 2. ed. São Paulo: Synergia: 2011. 392p.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS.** Projeto de Lei nº 2958 de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=68104BC0595692F818806C04F70BD90C.proposicoesWebExterno1?codteor=951772&filename=PL+2958/2011](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=68104BC0595692F818806C04F70BD90C.proposicoesWebExterno1?codteor=951772&filename=PL+2958/2011)>. Acesso em: 19 de agosto de 2018.
- CONCEIÇÃO, Guilherme Wilson da.** **A Viabilidade Técnica, Econômica. E Ambiental da Inserção do Gás Natural Veicular em Frotas do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros.** Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2006. 290p.
- CZAPELA, F. F.; ROSA, K. K.** **Energia e mudanças climáticas globais:** percepções e ações do cotidiano. Revista Educação Ambiental, v.43, 2013.
- EPA – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS.** Disponível em: <<https://www.epa.gov/>>. Acesso em: 29 de maio de 2018.
- FAIZ, A., CHRISTOPHER, S. W., MICHAEL P. W.** **Air Polution from motor vehicles:**

standards and technologies for controlling emissions. Banco Mundial, 1996.

FERREIRA, Doneivan F.; HONORATO, Nicolás (orgs). **Manual do Operador de Petróleo e Gás**. Campinas: Komedi, 2011. 848p.

FILHO, José Expedito Brandão. **Previsão de Demanda por Gás Natural Veicular**: uma modelagem baseada em dados de preferência declarada e revelada. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Ceará para a obtenção do título de Mestre em Engenharia dos Transportes. Fortaleza, 2005. 246p.

FIZIOLA, I.M.; YAMASHITA, Y.; VERAS, C.A.G. 2004. **Nível de emissão de gases de veículos automotores leves do ciclo otto**: valores referenciais. Mestrado em Transportes Universidade de Brasília.

FLEURY, A.; FREITAS JUNIOR, F. **Projeto de controladores GPC para controle da relação ar-combustível em motores de combustão interna movidos a gás natural**. CONEM, Rio Grande do Norte, 2000.

GARCIA, O. BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**. 2ª Edição. 1992

GASNET. Site do Gás Natural. Gás Natural. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2018.

GASPOINT. Injeção Eletrônica Multiponto Lovato Easy Fast. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<http://gaspoint.com.br/gnv/kits/KitLovato.asp>>. Acesso em: 16 de setembro de 2018.

GNS. Gás Natural Fenosa. Frequently Asked Questions. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://gns.gasnaturalfenosa.com.br/faq/>>. Acesso em 07 de agosto de 2018.

GORAIEB, Claudio Luiz; LYOMASSA, Wilson Shoji; APPI, Ciro Jorge (orgs.). **Estocagem Subterrânea de Gás Natural**: tecnologia para suporte ao crescimento do setor de gás natural no Brasil. São Paulo: IPTSP, 2005. 226p.

IGU – **International Gas Union**. 2018. Disponível em: <<https://www.igu.org/>>. Acesso em: 27 de maio de 2018.

Jones Camilo Soares, Wheksly Viana Leal e Elvio J. Bortolucci **PROPRIEDADES DO PETRÓLEO (Óleo Cru)**, material didático de ENGENHARIA DE PETRÓLEO E GÁS, São Paulo-2011.

JOSSON, R. **Gás Natural**: Viabilidade. REUNIÃO TÉCNICA SOBRE GÁS NATURAL, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo, AEA.

KING, S. R. **The Impact of Natural Gas Composition on Fuel Metering and Engine Operational Characteristics**. Paper SAE 920593.

KLIMSTRA, J. **Interchangeability of Gaseous Fuel**: The Importance of The Wobbe Index. Paper SAE 861578. 12p.

LASTRES, L. F. M. **Utilização de Gás Natural em Motores Veiculares**. Rio de Janeiro, 1987. Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP, 17p.

LISS, E. W.; THRASHER, W. H. **Natural Gas as a Stationary Engine and Vehicular Fuel**. Paper SAE 912364. 12p.

MAXWELL, T. T.; JONES, J. C. **Alternative Fuels: Emissions, economics and performance**. Warrendale. 1995. 327p.

MOUTINHO DOS SANTOS, Edmilson. **Gás Natural: estratégias para uma energia no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Annablume, 2002. 352p.

MOUTINHO DOS SANTOS, Edmilson et al. Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Revista de Estudos Avançados**. n.59. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

MONTEIRO, José Venâncio de Freitas. **Gás Natural Aplicado à Grande Indústria e ao Grande Comércio**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 184p.

NGV GLOBAL. Natural Gas Vehicle Knowledge Base. Estatísticas NGV Atualizadas. Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.iangv.org/2016/12/ngv-statistics-updated/>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

PAVANI, Rodrigo Henrique. **Análise das Vantagens e Desvantagens no Uso do Gás Natural em Veículos de Passeio**. Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Mauá para a obtenção do título de Especialista. São Caetano do Sul, 2012. 88p.

PORTAL GASENERGIA. Desconto no IPVA no Rio de Janeiro e em São Paulo. 2004. Disponível em: <http://www.gasenergia.com.br/portal/simulador/incentivos.jsp>. Acesso em: 18 de maio de 2018.

POZZAGNOLO, M. **Análise das emissões de gases em veículos automotores do ciclo otto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Engenharia Ambiental, UNIVATES, Lajeado, 96 p., 2013.

SUSLICK, Saul B. (org.). **Regulação em Petróleo e Gás Natural**. Campinas: Komedi, 2001. 528p.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. **Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul**. Química Nova, Vol. 31, pag 244, 2008.

UNICHI, A. et al. **Natural Gas: A Promising Fuel for I. C. Engines**. Paper SAE 930929, 1993. 11p.

VALIANTE, Daniel. **Análise de viabilidade técnica, econômica, ambiental e mercadológica da instalação original de fábrica de sistema de conversão para uso de gás natural em veículos leves movidos a gasolina e/ou álcool**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.3.2006.tde-26122014-174836. Acesso em: 21 de junho de 2018.

VAZ, Célio Eduardo Martins; MAIA, João Luiz Ponce; SANTOS, Walmir Gomes dos. **Tecnologia da Indústria do Gás Natural**. São Paulo: Blucher, 2008. 440p.

WAGNER. R.L.W. **Avaliação das emissões e do desempenho do motor de um veículo utilizando Biometano, Gás Natural Veicular, etanol e gasolina como combustível veicular**. Disponível

em: <<https://www.gnuteca.univates.br/bdu/bitstream/10737/637/1/2014RogerLuizWagnerJunior.pdf>>. Acesso em: 15 de junho de 2018.