

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ**

**Tecnologia Em Eletrônica Automotiva**

**José de Araujo Ferré**

**ESTUDO DE CASO DE VEÍCULOS COMERCIAIS MOVIDOS A  
DIESEL E A GÁS NATURAL VEICULAR**

**Santo André**

**2019**

**José de Araujo Ferré**

**ESTUDO DE CASO DE VEÍCULOS COMERCIAIS MOVIDOS A  
DIESEL E A GÁS NATURAL VEICULAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à FATEC – Santo André como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo sob a orientação do professor Cleber Willian Gomes.

**Santo André**

**2019**

## Ficha Catalográfica

F368

Ferré, José de Araujo

Estudo de caso de veículos comerciais movidos a diesel e a gás natural veicular / José de Araujo Ferré. - Santo André, 2019. – 66f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em eletrônica automotiva, 2019.

Orientador: Prof. Cleber Willian Gomes

1. Eletrônica. 2. Automóveis. 3. Motores diesel. 4 Combustíveis. 5. Gás natural. 6. Sistema dual fuel. 7. Funcionamento. I. Estudo de caso de veículos comerciais movidos a diesel e a gás natural veicular.

629.2

**LISTA DE PRESENÇA**

SANTO ANDRÉ, 25 DE JUNHO DE 2019.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "ESTUDO  
DE CASO DE VEÍCULOS COMERCIAIS MOVIDOS A DIESEL E A  
GÁS NATURAL VEICULAR" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE  
DESTA U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:

PROF. CLEBER WILLIAN GOMES *Cleber Willian Gomes*

MEMBROS:

PROFª CARLA KORPS MAUERBERG GERULAITIS *Carla Korps Mauerberg Gerulaitis*

SR. EVANDRO HENRIQUE *Evandro Henrique*

**ALUNOS:**

JOSÉ DE ARAUJO FERRÉ *José de Araujo Ferré*

### **Agradecimentos:**

Agradeço a Deus por me manter com saúde mental, corporal e me mantendo disposto para abraçar novos desafios nesta minha trajetória de vida.

Agradeço aos meus Pais pelo apoio, compreensão e incentivo durante toda esta jornada de estudos pois o apoio de pessoas queridas é muito importante para que o desânimo e as dificuldades não interrompam as metas traçadas no início de toda nova empreitada.

Agradeço a minha noiva que me incentivou durante todo o período de estudos e que por sinal não é fácil, pois exige muito empenho, dedicação, determinação e apoio para atingir esta meta.

Agradeço aos professores da Fatec Santo André pela dedicação ao ensino e pela transferência de seus conhecimentos aos alunos do curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva.

## **Resumo:**

O objetivo deste trabalho é entender o funcionamento dos veículos comerciais movidos pelos conhecidos motores Diesel, juntamente com os combustíveis conhecidos como óleo Diesel e Gás Natural Veicular (GNV), conhecer quais são as tecnologias envolvidas para que os motores operem com GNV sem que haja perda da força de trabalho pelos motores diesel atualmente. Entender como é o funcionamento do kit GNV que é instalado nos veículos comerciais e como ocorre o controle da injeção do GNV nos motores que hoje operam somente com óleo diesel e que através do kit de conversão que mudará o modo único de operação do motor, pois não atuará somente com um tipo de combustível o óleo diesel, e sim funcionando com dois tipos de combustíveis ao mesmo tempo, óleo Diesel e GNV e mantendo toda a qualidade de funcionamento do motor e durabilidade que hoje é de pelo menos 1.000.000 de quilômetros. Conhecer os benefícios do kit de conversão GNV sobre os materiais expelidos pelos escapamentos dos veículos após a combustão, sabendo que o óleo Diesel após a combustão gera uma grande quantidade de poluentes em determinados veículos, pois no Brasil temos veículos comerciais que estão operando há mais de 20 anos, saber de quanto será a redução dos materiais particulados e de outros poluentes reduzidos somente com a instalação do kit de GNV e qual será o investimento necessário para adquirir o kit de GNV. É importante conhecermos novas tecnologias que possam ser aplicadas a veículos comerciais e que forneçam melhorias na qualidade de vida, pois não dá para termos veículos eficientes somente no carregamento de produtos sem pensar no meio ambiente em que vivemos, temos que protegê-lo porque é do meio ambiente que sobrevivemos.

Palavras chave: Eletrônica, Automóveis, Motores Diesel, Combustíveis, Gás Natural, Sistema Dual – fuel, Funcionamento.

**Abstract:**

The objective of this work is to understand the operation of the commercial vehicles moved by the known diesel engines together with the fuels known as Diesel oil and Natural Gas Vehicle, to know which technologies are involved so that the motors operate with CNG without loss of the work force already known by diesel engines today. Understand how CNG is installed in commercial vehicles and how CNG injection control occurs in engines that now only operate with diesel oil and through the conversion kit that will change the unique mode of operation of the engine because it would not only work with one type of diesel fuel, but with two types of fuel at the same time, Diesel and CNG oil, maintaining all the quality of engine operation, be it its tensile strength and durability of at least 1000000 of kilometers. To know the benefits of the CNG conversion kit on exhaust materials from vehicles after the combustion of fuels, knowing that diesel oil after combustion generates a large amount of pollutants in certain vehicles, since in Brazil we have commercial vehicles that are operating at more than 30 years, to know how much will be the reduction of particulates and other reduced pollutants only with the installation of the CNG kit. It is important to know about new technologies that can be applied to commercial vehicles and that provide us with improvements in the quality of life, since we can not have efficient vehicles only in the loading of products and we do not think about the environment in which we live, we have to protect it by which is the environment that we survive.

Key words: Electronics, Automobiles, Diesel Engines, Fuels, Natural Gas, Dual fuel system, Operation.

## Lista de Ilustrações:

Figura – 1 <b>Motores Diesel Histórico:</b> Acesso 25 de outubro de 2017.....	15
Figura – 2 <b>Primeiro motor à Diesel:</b> Acesso 15 de outubro de 2017.....	16
Figura – 3 <b>Motor Diesel 2 tempos:</b> Acesso 10 de outubro de 2017.....	18
Figura – 4 <b>Admissão ou aspiração:</b> Acesso 10 de outubro de 2017.....	18
Figura – 5 <b>Compressão:</b> Acesso 10 de outubro de 2017 .....	19
Figura – 6 <b>Expansão ou Explosão:</b> Acesso 10 de outubro de 2017 .....	19
Figura – 7 <b>Exaustão:</b> Acesso 10 de outubro de 2017 .....	20
Figura – 8 <b>Motor Diesel de 4 tempos:</b> Acesso 10 de outubro de 2017 .....	20
Figura – 9 <b>Partes do Motor:</b> Acesso 10 de setembro de 2017 .....	21
Figura – 10 <b>Arvore de manivela:</b> Acesso 17 de setembro de 2017 .....	22
Figura – 11 <b>Pistão:</b> Acesso 1 de outubro de 2017 .....	22
Figura – 12 <b>Biela:</b> Acesso 1 de outubro de 2017 .....	23
Figura – 13 <b>Comando de válvulas:</b> Acesso 1 de outubro de 2017 .....	23
Figura – 14 <b>Aspecto do óleo diesel:</b> Acesso 22 de outubro de 2017 .....	25
Figura – 15 <b>Refinaria de Petróleo:</b> Acesso 29 de outubro de 2017 .....	27
Figura – 16 <b>História do gás Natural:</b> Acesso 10 de outubro de 2017 .....	28
Figura – 17 <b>Gás de carvão:</b> Acesso 5 de outubro de 2017 .....	29
Figura – 18 <b>Mapa dos gasodutos no Brasil:</b> Acesso 29 de outubro de 2017 .....	31
Figura – 19 <b>Novas tecnologias:</b> Acesso 04 de dezembro de 2017 .....	33
Figura – 20 <b>Sistema Dual-Fuel:</b> Acesso 15 de março de 2019 .....	36
Figura – 21 <b>Gás Natural é misturado ao fluxo de ar</b> Acesso 12 de março de 2019 .....	37
Figura – 22 <b>Gráfico de performance do GNV nos motores Diesel:</b> Acesso 01 de abril de 2019 .....	38
Figura – 23 <b>Ônibus da CMTC:</b> Acesso em 15 de março de 2019 .....	39
Figura – 24 <b>Caminhão movido a gás natural com motor ciclo Otto:</b> Acesso 29 de março de 2019 .....	41
Figura – 25 <b>Caminhão movido a GNL e a Diesel da Volvo:</b> Acesso 29 de março de 2019 .....	42
Figura – 26 <b>Modelo de um Posto de serviços:</b> Acesso 15 de março de 2019 .....	43
Figura – 27 <b>Caminhões feixe:</b> Acesso 15 de março de 2019 .....	44



Figura – 28 <b>Posto de combustível 1</b> .....	46
Figura – 29 <b>Posto de combustível 2</b> .....	46
Figura – 30 <b>Posto de combustível 3</b> .....	47
Figura – 31 <b>Modelo de instalação de GNV em caminhões extrapesados: Acesso 10 de junho de 2019</b> .....	48
Figura – 32 <b>Modelo de instalação de GNV em ônibus articulado: Acesso 10 de junho de 2019</b> .....	51
Figura – 33 <b>Modelo de instalação de GNV em caminhões semipesados: Acesso 10 de junho de 2019</b> .....	54

**Lista de Tabelas:**

Tabela – 1 Consumo de combustível 2 Km/L x Economia utilizando GNV.....	49
Tabela – 2 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 2 Km/L .	50
Tabela – 3 Consumo de combustível 1,9 Km/L x Economia utilizando GNV .....	52
Tabela – 4 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 1,9 Km/L .....	53
Tabela – 5 Consumo de combustível 4 Km/L x Economia utilizando GNV .....	55
Tabela – 6 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 4 Km/L .	56
Tabela – 7 Redução de CO2 e material particulado com o sistema DDF .....	57

### **Lista de Gráficos:**

<b>Gráfico – 1 Retorno do investimento com consumo de 2 Km/L .....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico – 2 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia..</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico – 3 Retorno do investimento com consumo de 1,9 Km/L .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico – 4 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia..</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico – 5 Retorno do investimento com consumo de 4 Km/L .....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico – 6 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia..</b>	<b>56</b>
<b>Gráfico – 7 Redução de 12% de CO2 sobre os valores do PROCONVE .....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico – 8 Redução de 30% de material particulado sobre os valores do PROCONVE .....</b>	<b>58</b>

## Sumario:

<b>1 Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>2 Temas relacionados .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Motores Diesel Histórico .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Breve definição sobre o motor de combustão interna .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Tipos de motores diesel e seu funcionamento .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Motores diesel de 4 tempos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Partes do motor .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Taxa de compressão motores diesel .....</b>	<b>24</b>
<b>3.0 Veículos comerciais .....</b>	<b>24</b>
<b>4.0 O óleo diesel .....</b>	<b>24</b>
<b>5.0 Aspecto do óleo Diesel .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Refinaria de Petróleo .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 História do Gás Natural .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 A utilização do gás no Brasil, como combustível, pode ser dividida em 3 fases .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 Mapa dos gasodutos no Brasil .....</b>	<b>31</b>
<b>6.0 Matriz Energética Brasileira .....</b>	<b>32</b>
<b>7.0 Novas tecnologias .....</b>	<b>33</b>
<b>8.0 Benefícios dos motores diesel e gás .....</b>	<b>34</b>
<b>8.1 Fatores que desmotivam a compra desses motores .....</b>	<b>34</b>
<b>9.0 Tecnologias de conversão de motores diesel e GNV (Gás Natural Veicular) .....</b>	<b>34</b>
<b>9.1 Tecnologia DG Flex da BOSCH – Diesel e Gás Natural Veicular .....</b>	<b>34</b>
<b>9.2 Injeção de Gás natural .....</b>	<b>37</b>
<b>9.3 Sistema Dual-Fuel .....</b>	<b>37</b>
<b>9.3.1 Performance do GNV nos motores Diesel .....</b>	<b>38</b>
<b>10.0 Experiências ruins no passado geraram preconceito com gás .....</b>	<b>38</b>
<b>11.0 Gás é mais econômico e menos poluente do que o diesel .....</b>	<b>39</b>
<b>12.0 Conversão de motor é única opção disponível no país .....</b>	<b>39</b>
<b>12.1 Scania lança caminhão movido a gás natural com motor ciclo Otto .....</b>	<b>40</b>

<b>12.2 Caminhões Scania .....</b>	<b>40</b>
<b>12.3 Volvo apresenta seu caminhão movido a GNL e a Diesel .....</b>	<b>41</b>
<b>12.4 Mercedes Benz com motor bicombustível diesel + GNV para uso em ônibus .....</b>	<b>42</b>
<b>13.0 Modelo de um Posto de serviços .....</b>	<b>43</b>
<b>13.1 Caminhões feixe .....</b>	<b>44</b>
<b>14.0 Resultados e Discussões .....</b>	<b>45</b>
<b>15.0 Preço do GNV e Diesel em postos da região de Santo André e Mauá .....</b>	<b>46</b>
<b>15.1 Posto de combustível 1 .....</b>	<b>46</b>
<b>15.2 Posto de combustível 2 .....</b>	<b>46</b>
<b>15.3 Posto de combustível 3 .....</b>	<b>47</b>
<b>16.0 Análise de custo e benefício 1 .....</b>	<b>48</b>
<b>16.0.1 Modelo de instalação de GNV em caminhões extrapesados .....</b>	<b>48</b>
<b>16.1 Análise de custo e benefício 2 .....</b>	<b>51</b>
<b>16.1.1 Modelo de instalação de GNV em ônibus articulado .....</b>	<b>51</b>
<b>16.2 Análise de custo e benefício 3 .....</b>	<b>54</b>
<b>16.2.1 Modelo de instalação de GNV em caminhões semipesados .....</b>	<b>54</b>
<b>17.0 Emissões de CO2 e de MP com o sistema DDF .....</b>	<b>57</b>
<b>18.0 Conclusão .....</b>	<b>59</b>
<b>19.0 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>60</b>
<b>19.0 Bibliografia .....</b>	<b>61</b>

## 1 Introdução

“Uma das formas de degradação ambiental presente no planeta é a poluição do ar, que pode gerar diversos males à saúde humana e ao meio ambiente. O número crescente da circulação de veículos no mundo e as atividades industriais são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera” (Cesar et al, p 1209 -12, 2013).

“Nova fonte de poluentes, como a queima de combustíveis fósseis pelos motores a combustão, ocorreu sem um acompanhamento dos possíveis danos que esses poluentes poderiam causar à saúde humana” (Coelho, p 2007).

Os veículos automotores são as principais fontes de poluição dos grandes centros urbanos. Essas regiões são as que mais sofrem com a poluição atmosférica, pois é onde existem maiores números de veículos circulando em uma dada região. No transporte, a preocupação ambiental é percebida através dos limites impostos às emissões de poluentes.

Seguindo este conceito, vem sendo estudado outros meios de minimizar as emissões de poluentes por veículos automotores. Neste estudo está sendo abordado a relação dos motores Diesel funcionando também com GNV (Gás Natural Veicular). As empresas fabricantes de veículos têm investido cada vez mais para se adequarem as legislações presentes e para se prepararem para as legislações futuras.

Tem havido grande redução dos limites de emissões de materiais poluentes que são lançados na atmosfera, seguindo as novas normas do Programa de Controle de Poluição do ar por Veículos Automotores (PROCONVE), novos limites estão sendo aplicados para a redução de materiais particulados (MP), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos (HC) (VIVIAN, 2006).

Uma destas tecnologias é a adição de gás natural aos motores diesel, com esta adição de gás natural aos motores diesel é possível reduzir ainda mais os materiais poluentes emitidos para a atmosfera. Com o GNV são evitados diversos poluentes que seriam lançados para o meio ambiente.

## 2 Temas relacionados

### 2.1 Motores Diesel Histórico

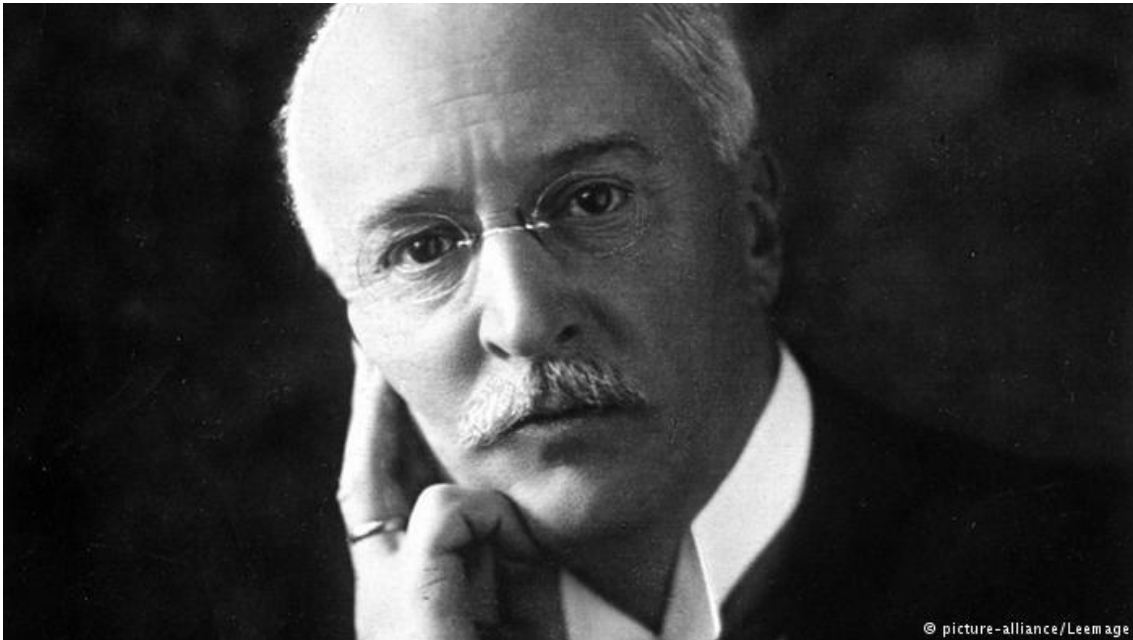


Figura – 1 Fonte: <http://p.dw.com/p/19Q3>.

“Rudolf Diesel (1858 – 1913), nascido em Paris, filho de imigrantes alemães, formou-se em engenharia em Monique” (SILVA, p 5, 2006,).

“Especialista em construção de máquinas frigoríficas, em 1892 – 1893, registrou a patente da invenção que o consagrou (BEHAR, 1978): o motor de ignição por compressão (ICO), que ficou conhecido como motor diesel” (SILVA, p 5, 2006,).

“O primeiro motor que houve combustão através da pressão e a autoignição do combustível e de forma eficiente, ocorreu em 10 de agosto de 1893, foi o motor ciclo diesel, e recebeu este nome devido seu inventor, Rudolf Diesel (1858 – 1913)”. (BAPTISTA, p 10, 2009).

“Este motor se baseava na combustão de óleo de amendoim, e obteve grande renome, a partir de observar que o mesmo funcionava de forma eficiente e possuía um melhor rendimento energético se comparado a outros tipos de motores”. (Angheben, p 9, 2013).

## Primeiro motor a Diesel



Figura – 2 Fonte. <https://ubrabiio.com.br/announcement/primeiro-motor-a-diesel/>.

“Diesel construiu um motor de combustão interna, de pistão, alternativo, com formação de mistura dentro do cilindro e autoignição”. (BOSCH, p 488, 2005).

“Inicialmente, abasteceu com carvão pulverizado, injetado por ar comprimido, mas o funcionamento não era satisfatório. Passou, então, a usar óleo cru como combustível, sendo a partida realizada com gasolina”. (Santos, p 5, 2006).

“Diesel criou seu motor para ser usado com óleo de amendoim, pó de carvão e óleo vegetal. Porém somente depois de seu falecimento que os motores se tornaram primariamente movidos a óleo, devido ao crescente poder econômico e político da indústria petrolífera”. (BAPTISTA, p 10, 2009).

“A partir de 1913 houve grande expansão na utilização dos motores diesel, inclusive sendo construído por Hugo Junkers um avião a diesel. No ano de 1914 o primeiro trem à diesel começou a ser utilizado na Alemanha”. (BAPTISTA, p 18, 2009).

“Várias substâncias de origem fóssil, vegetal e animal, foram estudadas como alternativa de combustível, mas os combustíveis derivados de petróleo dominam, ao longo do século XX, a aplicação nos motores de combustão interna”. (SILVA, p 6, 2006).



## 2.2 Breve definição sobre o motor de combustão interna

“O funcionamento desse motor é devido à mistura ar-combustível. Motores de combustão interna são máquinas térmicas que tem como finalidade produzir trabalho mecânico a partir da energia química contida no combustível utilizado que é queimada em seu interior”. (FERREIRA, p 22, 2013).

“Motores diesel, são motores de ignição do combustível juntamente com o ar admitido por compressão, que eleva a temperatura da câmara até que haja a combustão, provocando a expansão dos gases e movimentando o pistão”. (FERREIRA, p 22, 2013).

## 2.3 Tipos de motores diesel e seu funcionamento

“Existem hoje dois tipos de motores diesel, o motor diesel de 2 tempos e o motor diesel de 4 tempos, que possuem a mesma finalidade, que é a transformação de energia térmica (calorífica) em trabalho mecânico (energia mecânica)” (Angheben, p 9, 2013).

Os motores diesel de 2 tempos, possuem cilindros que ocorrerão somente o tempo de admissão e o tempo de escape, e ao mesmo tempo ocorrerá o tempo de compressão e expansão.

No 1º tempo, o pistão faz seus movimentos de forma descendente, e descobre as janelas de admissão, fazendo assim com que ocorra a entrada de ar no sistema, o ar ao entrar no sistema faz com que os gases queimados sejam expulsos através das válvulas de escape, fazendo assim que ocorra a limpeza do cilindro, deixando-o com ar limpo para a próxima combustão. No 2º tempo, o pistão faz movimentos de forma ascendente, fechando as janelas e válvulas escape, o ar limpo admitido do 1º tempo então é submetido à compressão. Ao iniciar a compressão do ar limpo, uma certa quantidade de óleo diesel é atomizada na câmara de combustão, devido o local encontrar-se em alta compressão do ar e a altas temperaturas, o combustível entra em combustão, ocasionando pressão e expansão da reação, no curso da expansão. Quando o pistão estiver na metade do curso descendente, as válvulas de escape se abrirão fazendo assim com que os gases resultantes sejam expelidos pelo coletor de escapamento, quando o pistão estiver no curso descendente, as janelas de admissão novamente encontrar-se-ão abertas, fazendo assim que entre novamente ar limpo para iniciar novamente o ciclo. Angheben, A, A, (p 10, 2013).

## Motor Diesel 2 tempos

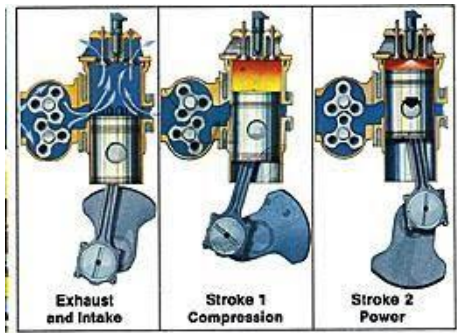


Figura – 3 Fonte: <http://barcosclassicos.blogspot.com.br/>.

## 2.4 Motores diesel de 4 tempos

O processo de conversão de energia térmica em mecânica, possui 4 fases distintas que são:

- 1ª – Admissão;
- 2ª – Compressão;
- 3ª – Combustão;
- 4ª – Escape.

A partir destas 4 fases, este tipo de motor diesel, entra em funcionamento.

**Admissão ou aspiração:** No primeiro tempo do motor o pistão sai do ponto morto superior (PMS) e termina quando chega no ponto morto inferior (PMI), assim neste momento a válvula de admissão é aberta e o ar é aspirado para dentro da câmara de combustão.

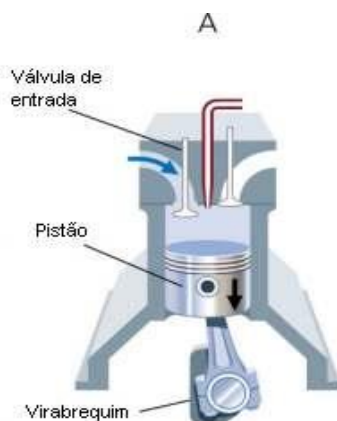


Figura – 4 Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/diesel.html>.

**Compressão:** Nesta fase as válvulas de admissão e exaustão estão fechadas, e o pistão se move do PMS para o PMS e assim o ar é comprimido aumentando a pressão.

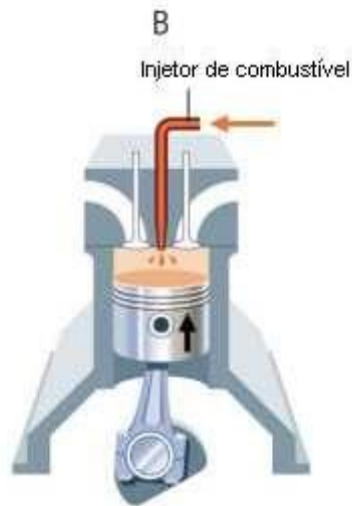


Figura – 5 Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/diesel.html>.

**Expansão ou Explosão:** Nesta fase o ar comprimido está a altas temperaturas e é injetado o diesel que entra em combustão, e o pistão sai do PMS para o PMI através da expansão dos gases.

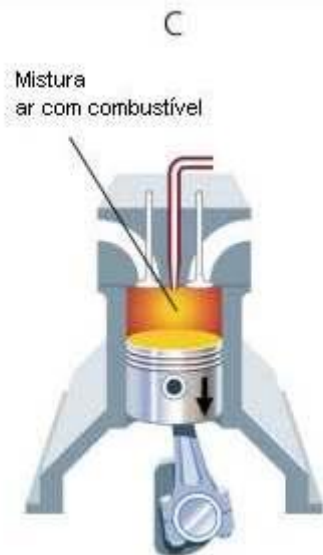


Figura – 6 Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/diesel.html>.

**Exaustão:** Quando o pistão chega ao PMI, a válvula de escape é aberta e os gases da combustão são expelidos do cilindro.

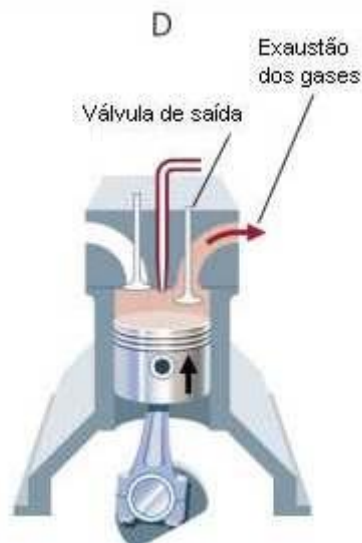


Figura – 7 Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/diesel.html>.

### Motor Diesel de 4 tempos

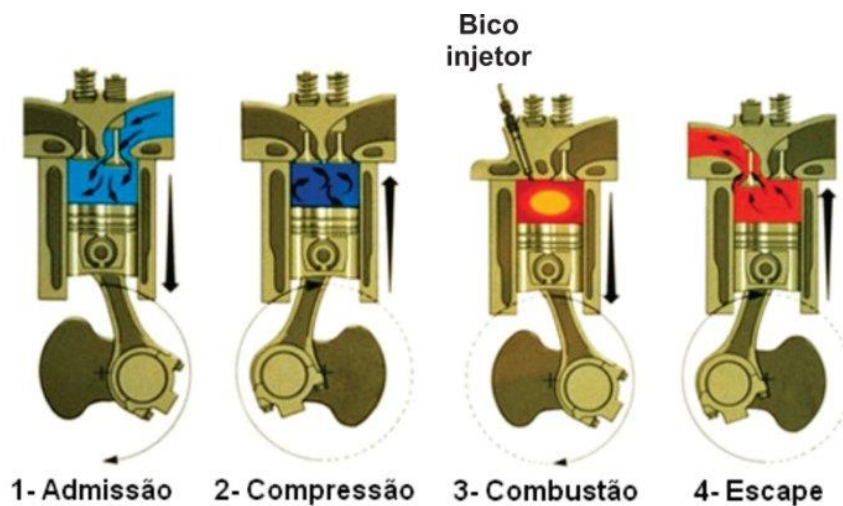


Figura – 8 Fonte: [www.linkedin.com/pulse/funcionamento-básico-do-motor-diesel-4-tempos-marcos-coutinho](http://www.linkedin.com/pulse/funcionamento-básico-do-motor-diesel-4-tempos-marcos-coutinho).

“Motores diesel são aplicados na sua maioria em veículos de grande porte, principalmente os de transporte de cargas pesadas”. (FERNANDES, p 5, 2012).

“Este tipo de motor caracteriza-se pela baixa manutenção, se comparado com os motores de ciclo Otto, devido à dispensa de subsistemas eletroeletrônicos para provocar o centelhamento”. (FERNANDES, p 5, 2012).

“Nas últimas décadas a durabilidade do motor quadruplicou, em 1977 a quilometragem era de 402 000 km, em 1994 alcançou 1 207 000 km. Para aumentar a durabilidade do motor várias ferramentas de análise de redução de falhas são usadas pelos projetistas”. (FERREIRA, p 41, 2013).

## 2.5 Partes do motor

**Partes fixas dos motores:** São as partes que não entram em movimento, quando o motor entra em funcionamento, em relação aos outros componentes do motor, são elas:

**Tampa de válvulas:** Serve de proteção das válvulas e é por onde se coloca o óleo lubrificante no motor.

**Cabeçote do motor:** É a parte superior do motor, são construídos de ferro fundido.

**Bloco do motor:** É a parte central do motor, são construídos de ferro fundido.

**Juntas:** Fornecem a vedação entre as partes do motor.

**Carter:** É a parte inferior do motor e é basicamente um reservatório de óleo lubrificante.

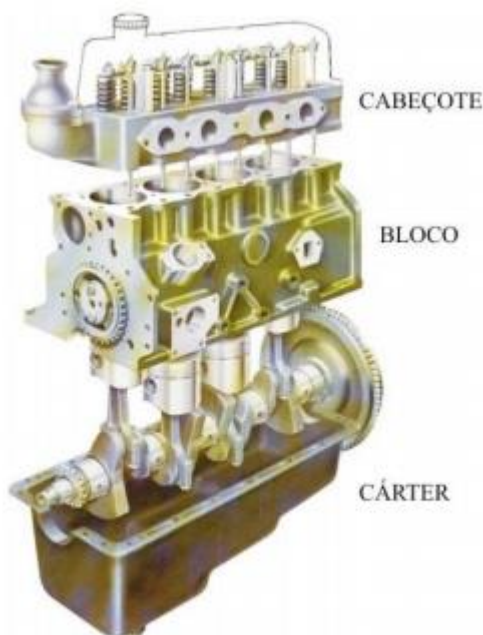


Figura – 9 Fonte: <http://brunobonfimlopes.blogspot.com.br/2012/02/divisao-do-motor-diesel.html>.

**Partes moveis dos motores:** Partes móveis são caracterizadas pelas partes que se movimentam quando o motor entra em funcionamento, são elas:

**Árvore de manivelas:** Transforma a força de combustão em movimento giratório.

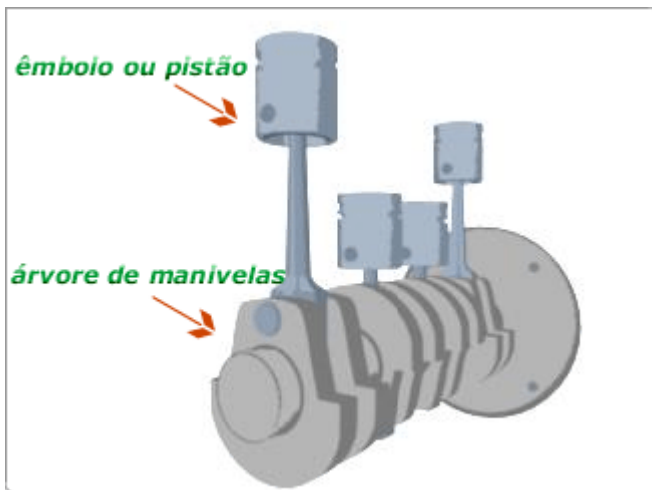


Figura – 10 Fonte: [http://r19club.com/How-to/materiamotor\\_arquivos/image001.gif](http://r19club.com/How-to/materiamotor_arquivos/image001.gif).

**Pistão:** Peça cilíndrica que se move no interior do cilindro do PMS ao PMI.



Figura – 11 Fonte: [https://www.lojadoarcomprimido.com.br/lojas/00026812/prod/60273003\\_G.jpg](https://www.lojadoarcomprimido.com.br/lojas/00026812/prod/60273003_G.jpg).

**Biela:** Transmitir ou transformar o movimento alternativo em circular contínuo.



Figura – 12 Fonte: <http://www.garage19racing.com.br/motor/bielas/biela-expert-ap-144mm-350cv.html>. Acesso em 1 de outubro de 2017.

**Comando de válvulas:** regula a abertura das válvulas em um motor de combustão interna.



Figura - 13 Fonte: <http://www.autoentusiastas.com.br/ae/wpcontent/uploads/2015/07/jake-brake-jacobsvehiclesystems-com.jpg>.

## **2.6 Taxa de compressão nos motores diesel**

“A taxa de compressão é um conceito aos motores a combustão interna. Nos motores Diesel a taxa de compressão fica entre 15:1 até 24:1”. (Souza e Silva, p 17, 2014).

“Trata-se da relação entre o volume da câmara completamente distendida (pistão na posição inferior) e o volume da câmara completamente comprimida (pistão na posição superior)”. (Souza e Silva, p 16, 2014).

## **3.0 Veículos comerciais**

“São veículos que são utilizados para o transporte de cargas e/ou passageiros.

Veículos comerciais leves, Vans e pick-ups.

Veículos comerciais pesados, massa total superior 3856 Kg” (PROCONVE, 1998).

## **4.0 O óleo diesel**

“O óleo diesel é uma mistura complexa de centenas de hidrocarbonetos, compostos orgânicos constituídos por átomos de carbono e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, entre outros.” (SILVA, p 8, 2006).

“As quatro classes principais de hidrocarbonetos são as parafinas, olefinas, astênicos e aromáticos”. (SILVA, p 8, 2006).

“Os pontos de ebulição dos combustíveis diesel variam de 180°C a 370°C. Ele é um produto da destilação graduada do óleo cru”. (BOSCH, p 321, 2005).



## 5.0 Aspecto do óleo Diesel



Figura - 14 Fonte: [http://www.riodiesel.com.br/site/images/Blog/tecnologia/novas-cores-diesel-S500\\_destaque1.png](http://www.riodiesel.com.br/site/images/Blog/tecnologia/novas-cores-diesel-S500_destaque1.png).

Diesel S500 corante vermelho.

Diesel S1800 amarelo natural, podendo ter traços de laranja a marrom.

Diesel S10 e S50 de incolor a amarelado.

O diesel S-10, combustível com baixo teor de enxofre e que reduz a emissão de poluentes, em substituição ao diesel S-50.

Art. 2º Para efeitos desta Resolução os óleos diesel de uso rodoviário classificam-se em:

I - **Óleo diesel A**: combustível produzido por processos de refino de petróleo, centrais de matérias-primas petroquímicas ou autorizado nos termos do § 1º do art. 1º desta Resolução, destinado a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário, sem adição de biodiesel;

II - **Óleo diesel B**: óleo diesel A adicionado de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente. Art. 3º Fica estabelecido, para efeitos desta Resolução, que os óleos diesel A e B deverão apresentar as seguintes nomenclaturas, conforme o teor máximo de enxofre:

I - Óleo diesel A S10 e B S10: combustíveis com teor de enxofre, máximo, de 10 mg/kg; II - Óleo diesel A S50 e B S50: combustíveis com teor de enxofre, máximo, de 50 mg/kg; III - Óleo diesel A S500 e B S500: combustíveis com teor de enxofre, máximo, de 500 mg/kg;

IV - Óleo diesel A S1800 e B S1800: combustíveis com teor de enxofre, máximo, de 1800 mg/kg.

Art. 4º A comercialização dos diversos tipos de óleo diesel deverá atender as seguintes disposições: I - Nos casos previstos no Anexo I desta Resolução somente é permitida a comercialização de óleo diesel B S50;

II - É obrigatória a disponibilização de óleo diesel B S50 para garantir o abastecimento dos novos veículos automotores das fases PROCONVE L-6 e P-7, a partir de 1º de janeiro de 2012, conforme estabelecido pela ANP;

III - É proibida a comercialização de óleo diesel B S1800 nos municípios relacionados nos ANEXOS I e II.

§ 1º A partir de 1º de janeiro de 2013, os óleos diesel A S50 e B S50 serão substituídos, integralmente, pelos óleos diesel A S10 e B S10, respectivamente, quando deverão ser disponibilizados para comercialização, conforme estabelecido pela ANP.

§ 2º A partir de 1º de janeiro de 2014, o óleo diesel B S1800 de uso rodoviário deverá ser totalmente substituído pelo óleo diesel B S500.

Art. 11. O óleo diesel A S1800 deverá conter corante vermelho, conforme especificado na Tabela III do Regulamento Técnico, parte integrante desta Resolução.

§ 1º É de responsabilidade exclusiva dos produtores ou importadores a adição de corante vermelho, conforme estabelecido pelo caput.

§ 2º Os produtores ou importadores só poderão entregar o óleo diesel A S1800 ao distribuidor, adicionado de corante vermelho.

§ 3º A partir de 1º de julho de 2012, o corante referenciado no caput deverá ser adicionado ao óleo diesel A S500 e ficará proibida a adição de corante ao óleo diesel A S1800.

§ 4º Fica permitido ao operador logístico contratado por distribuidor, quando da impossibilidade da adição do referido corante ser realizada por produtor ou importador, adicioná-lo, desde que acompanhado por firma inspetora para verificar a mistura sem prejuízo do disposto no § 1º (inserido pela Resolução ANP nº 46, de 20.12.2012 – DOU 27.12). Agência Nacional do Petróleo, (2011).

## 5.1 Refinaria de Petróleo



Figura – 15 Fonte: <https://petronoticias.com.br/archives/75190>.

Após a extração, o petróleo bruto passa por diferentes etapas de transformação nas refinarias, que são grandes indústrias de beneficiamento. Esse processo tem por objetivo realizar a separação dos diversos tipos de hidrocarbonetos presentes no petróleo, proporcionando a produção de seus derivados. Entre os principais produtos estão a gasolina, óleo diesel, gás liquefeito, querosene para aviões a jato, querosene para iluminação, solventes, lubrificantes, coque de petróleo, resíduos e parafinas. (FRANCISCO, 2017).

## 5.2 História do Gás Natural



**Figura – 16** Fonte: [www.estudopratico.com.br/gas-natural/](http://www.estudopratico.com.br/gas-natural/).

“O gás natural foi descoberto na Pérsia entre 6000 a.C. e 2000 a.C. e, segundo algumas indicações históricas, era usado para manter aceso o “fogo eterno” – símbolo de adoração de uma seita local”. (AGN, 2017).

“A primeira notícia que se tem da utilização de substância gasosa como combustível foi divulgada pelos chineses, por volta do ano 900 a.C., onde segundo registros da época, eles canalizavam um gás combustível por meio de tubos de bambu selados entre si por betume e usavam-no para iluminação”. (KGP SERVIÇOS, 2014).

Com a descoberta de Robert Bunsen, em 1885, misturando ar e gás natural, que permitiu usar plenamente as vantagens deste combustível. Os produtores de gás natural rapidamente mudaram a sua atenção para as propriedades térmicas deste combustível, promovendo-o como fonte de energia para aquecimento ambiente, de águas sanitárias e cozinha. Os mercados industriais e da produção térmica de eletricidade tiveram pouca expressão até ao fim da Segunda Guerra Mundial. Só após os anos 40 o gás natural passou a ser largamente disponibilizado, pelo desenvolvimento das necessárias infraestruturas de transporte. De notar que, dada a escassez de gasodutos, a maioria do gás produzido, em associação com o petróleo bruto e, mais raramente, com o carvão, não era aproveitado. Quando eram encontradas bolsas exclusivamente de gás natural, estas não eram exploradas. A baixa qualidade dos tubos, bem como a das junções, atrasou o desenvolvimento das redes de transporte de gás natural. Foi após a Segunda Guerra Mundial que o transporte de gás por gasoduto teve a sua

expansão. Foram os avanços resultantes da guerra, na metalurgia, na soldadura e na produção dos tubos que permitiram o rápido desenvolvimento do transporte de gás. Uma vez que as redes de transporte e de distribuição se expandiram, a indústria e as centrais térmicas passaram a ser importantes clientes do gás natural. Após um período de interdição nos anos 70, o gás natural é atualmente muito usado para a produção de energia eléctrica. Para este facto muito contribuiu a tecnologia do ciclo combinado, em que o rendimento é muito superior ao das centrais convencionais. (AGN, 2017).

### **5.3 A utilização do gás no Brasil, como combustível, pode ser dividida em 3 fases:**

#### **1º Fase – Gás de carvão (1854 – 1970)**

“Neste período teve início com a 1ª Fábrica de Gás de Carvão, em 1854, no Rio de Janeiro. Pode se destacar a criação, em 1872, através do decreto imperial da “The São Paulo gás Company”. Nesta fase o gás era utilizado para iluminação pública e no uso doméstico”. (NOBRESDOGRID, 2017).

“É obtido pelo aquecimento do carvão mineral num forno de coque a cerca de 1.100°C na ausência de oxigênio. À medida que o carvão é aquecido, são formados gás de hulha e outros subprodutos. O gás sai do forno por tubulações e é armazenado em grandes reservatórios, chamados gasômetros”. (Cardoso, M).



Figura – 17 Fonte: [www.infoescola.com/quimica/hulha/](http://www.infoescola.com/quimica/hulha/).

## **2ª fase – gás de nafta (1970 – 1980)**

“O gás de Nafta, derivado leve do petróleo, nesta época era de uso doméstico, tendo o início da construção, em São Paulo, no anel de alta pressão, para sua distribuição”. (NOBRESDOGRID, 2017).

“A Nafta petroquímica se apresenta em forma líquida e sem cor, seu potencial de destilação é semelhante ao da gasolina. No Brasil somente a Petrobras produz nafta petroquímica”. (Freitas, 2017).

## **3ª fase – Gás natural (1980 em diante)**

“Com a descoberta de óleo e gás natural na Bahia, em ,1947, iniciou-se seu uso na indústria, desta região. Em 1980 ocorreram grandes descobertas de óleo e gás natural na Bacia de Campos, Rio de Janeiro. A distribuição para São Paulo iniciou em 1988”. (NOBRESDOGRID, 2017).

Depois de tratado e processado, o gás natural pode ser utilizado nas indústrias, residências, automóveis e comércio. Nas indústrias, sua utilização ocorre, principalmente, para a geração de eletricidade. Nas residências, o gás natural é usado para o aquecimento ambiental e de água. Nos automóveis, essa fonte energética substitui os combustíveis (gasolina, álcool e diesel). No comércio, sua utilização se dá principalmente para o aquecimento ambiental. Atualmente a utilização do gás natural corresponde a 15,6% do consumo energético mundial. No Brasil, com a descoberta da camada Pré-sal, que consiste em um óleo em camadas profundas - de 5 a 7 mil metros abaixo do nível do mar, estimativas apontam que o país irá dobrar seu volume de gás natural. (Francisco, 2017),

“No final da década de 80, teve início ao programa brasileiro com a elaboração do PLANGÁS – Plano nacional de Gás para uso no transporte, que tinha como objetivo substituir o óleo diesel para uso no transporte em veículos comerciais”. (NOBRESDOGRID, 2017).

“Vários programas experimentais em veículos de carga e transporte foram postos em prática. No entanto, a pequena diferença entre os preços do gás natural e do óleo diesel inviabilizava economicamente a conversão da frota”. (NOBRESDOGRID, 2017).



Em janeiro de 1996, o Presidente Fernando Henrique Cardoso assinou um decreto liberando o uso de GNV em qualquer veículo. Decreto nº 1.787 de 12 de janeiro de 1996.

O gás natural também pode ser utilizado em automóveis, ônibus e caminhões. Neste segmento, é conhecido como Gás Natural Veicular (GNV) e oferece como principal vantagem a redução no custo por quilômetro rodado. Com um metro cúbico de GNV é possível rodar mais quilômetros do que com um litro de etanol ou gasolina – esta rentabilidade pode chegar a 50%. Se um carro médio roda na cidade cerca de 7 km com 1 litro de álcool ou cerca de 10 km se estiver usando a gasolina, ele passará a rodar no mínimo 13 km com 1 m<sup>3</sup> de gás natural. Na hora do abastecimento, há maior segurança, pois não é possível adulterar o gás natural. (COMPAGAS, 2017).

#### 5.4 Mapa dos gasodutos no Brasil



Figura – 18 Fonte: [http://www.abegas.org.br/Site/?page\\_id=842](http://www.abegas.org.br/Site/?page_id=842).

“A opção pelo uso de gasodutos no Brasil requer vultosos investimentos e longo prazo de implementação, maturação e retorno. Por ser um país de dimensões continentais e grandes distâncias a serem percorridas entre produção e consumo. Muitas vezes, utiliza transporte alternativo de gás natural”. (TAVARES, p 60, 2014).

“O transporte a granel de gás natural comprimido (GNC), consiste no transporte do gás a altas pressões, em cilindros especialmente acondicionados em caminhões, assim

aumenta a massa de gás natural por volume em virtude da sua compressão. Os cilindros utilizados podem suportar pressões de 250 bar”. (TAVARES, p 60, 2014).

“O transporte a granel de gás natural liquefeito (GNL) basicamente consiste no transporte do gás natural no estado líquido, a  $-160^{\circ}\text{C}$ , em que seu volume é reduzido em aproximadamente 600 vezes”. (TAVARES, p 60, 2014).

As boas características do gás natural em motores ciclo diesel é que a diferença entre o conteúdo energético do gás natural e do óleo diesel mineral é pequena.

Segundo Orlando (1998) o conteúdo energético do gás natural é equivalente a 98,8% do conteúdo energético do diesel mineral, em termos volumétricos. Isso nos permite dizer que 1 m<sup>3</sup> de gás natural é aproximadamente equivalente, em energia, a 1 litro de óleo diesel.

## **6.0 Matriz Energética Brasileira**

“Matriz energética é um conjunto de fontes de energia ofertado no país para captar, distribuir e utilizar energia nos setores comerciais, industriais e residenciais e a origem dessa energia pode ser de fonte renováveis ou não renováveis”. (RIBEIRO, 2017).

O Brasil é um dos países com maior presença de bioenergia líquida na matriz de transportes. Em 2016, a participação de etanol e biodiesel na matriz ficou em 19,9%. Nos países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) que é uma organização internacional de 34 países que aceitam os princípios da democracia representativa e da economia de livre mercado, a bioenergia participava é de apenas 3,9% em 2016, percentual muito influenciado pelo consumo de etanol dos Estados Unidos. Nos demais países, a participação é pouco expressiva (0,7%). A supremacia nestes países é dos derivados de petróleo, com participações acima de 90%. A baixa participação do gás natural na matriz de transportes dos países da OCDE pode ser um sinal da inconveniência de se adotarem políticas favoráveis ao seu uso em veículos. De fato, sendo o gás um recurso finito, nobre, não renovável e menos poluente do que outros fósseis, é contraditório promover a sua utilização em veículos com eficiências em torno de 30%, quando o seu uso na indústria chega a eficiências acima de 80%. Mesmo na geração elétrica, as eficiências podem ficar próximas de 70%, em processos de cogeração. Ministério de Minas e Energia (2016).

A matriz energética tem o conceito de que é um conjunto de fontes de energia possíveis de serem extraídas e distribuídas à sociedade e entre as principais regiões industriais, urbanas e rurais de um país.



“Dentre as matrizes podemos destacar o petróleo, o gás, o carvão, o álcool, reservatório hídrico, lenha, e fontes limpas e renováveis como a solar e a eólica”. (FERNANDO REBOUÇAS, 2013).

A energia elétrica é essencial para a produção industrial, agrícola, prestação de serviços e bem-estar social.

“As matrizes energéticas são classificadas como renováveis e não renováveis. O petróleo por exemplo, é uma fonte de energia não renovável; a eólica, energia solar, são renováveis”. (FERNANDO REBOUÇAS, 2013).

## 7.0 Novas tecnologias



Figura – 19 Fonte: <http://f.i.uol.com.br/folha/mercado/images/17285155.jpeg>.

“Grupo Volkswagen desenvolve caminhão elétrico que entra em testes no ano de 2018, com versões de 9 e 11 toneladas”. (MAN, 2017).

“Elon Musk, presidente-executivo da empresa Tesla, apresentou um protótipo de um caminhão elétrico. Ele afirmou que, com uma única carga, o veículo será capaz de rodar 800 quilômetros”. (Biodieselbr, 2017).

## **8.0 Benefícios dos motores diesel e gás**

“Diversos fatores favorecem o uso do gás natural em motores de ciclo Diesel, entre eles, a elevada temperatura de autoignição (620°C), assim o combustível suporta altas compressões e só entre em combustão na presença do Diesel”. (Carvalho, 2014).

“A conversão é realizada por meio da instalação de um “kit” sem a necessidade de mudanças na estrutura original do motor, o que implica em menor custo de investimento e uma maior flexibilidade de utilização dos combustíveis”. (Carvalho, 2014).

Por ser um combustível seco, o gás natural não provoca lavagem nas camisas dos cilindros dos motores, não diluindo o lubrificante. Além de tudo isso, o gás natural, por ser limpo e possuir uma queima mais completa, reduz a deposição de carbonos nas partes internas do motor, aumentando a vida útil do veículo. (Maia, 2010).

## **8.1 Fatores que desmotivam a compra desses motores**

“O produto final GNV é mais caro que o motor ciclo diesel em razão das tecnologias e dos componentes que são adotados”. (Duarte, 2016).

A dura realidade esbarra ainda em outros fatores. Quem estaria disposto a pagar mais por um equipamento pesado menos poluente? No caso de caminhões pesados, a legislação brasileira avançará rápido se entrar em vigor o Programa de Controle de Poluição do ar por Veículos Automotores (Proconve-8), tendo em vista que os ganhos ambientais serão ínfimos? (Duarte, 2016).

“O potencial é grande, mas ainda esbarramos no problema do fornecimento dos mais variados tipos de combustíveis em várias regiões, para comercializar essas tecnologias no Brasil”. (Xavier, 2016).

## **9.0 Tecnologias de conversão de motores diesel e GNV (Gás Natural Veicular).**

### **9.1 Tecnologia DG Flex da BOSCH – Diesel e Gás Natural Veicular.**

O DG Flex combustíveis (diesel e GNV), garantindo ao condutor a mesma potência e torque do veículo que circula apenas com diesel. Na mistura, a injeção do diesel é reduzida ao mínimo possível, mas permanece necessária, pois este combustível é o responsável pela queima do gás e manutenção da temperatura na câmara de combustão. A substituição do diesel, em certas condições de plena carga e rotação do motor, poderá atingir 90%. Já na

ausência do GNV, o sistema de injeção de gás é automaticamente desligado e o motor passa a operar no modo diesel, conforme a regulagem original do veículo. Testes realizados mostram que veículos que receberam o sistema DG Flex Bosch apresentaram emissões totais inferiores às do motor original. A redução de particulados pode chegar até 75%, dependendo da aplicação e da condição de utilização, o que representa um grande ganho ambiental, já que os particulados são o principal agente poluidor encontrado nos corredores de ônibus e caminhões das grandes cidades. Desta forma, o DG Flex apresenta-se como opção viável para ser utilizado na frota já circulante de veículos comerciais do País. Esses projetos desenvolvidos pela Bosch vêm ao encontro das exigências dos órgãos ambientais e governamentais para redução das emissões, principalmente nos grandes centros onde há grande concentração de poluentes. Ao mesmo tempo, essas tecnologias viabilizam soluções que contribuem para o desenvolvimento da matriz brasileira de combustíveis veiculares. O grande trunfo desta tecnologia, porém, é seu sofisticado sistema de gerenciamento eletrônico, que permite controlar simultaneamente os sistemas de injeção dos dois combustíveis, de modo a proporcionar a maior eficiência possível. (Mario Salgado, 2012).

A novidade, batizada pela empresa de DG Flex, desmitifica o senso comum de que o óleo diesel é melhor para transportes pesados e o GNV apenas para veículos leves. Combinados no sistema Dual Fuel da Bosch, o GNV e o Diesel podem gerar uma economia de até 35%, além de reduzir a emissão de poluentes em mais de 70%, tudo sem perder potência. O sistema DG Flex pode substituir a quantidade de Diesel por GNV a uma taxa de até 85%, dependendo do regime de operação do veículo. Segundo o engenheiro da Bosch, Sergio Molgori, o sistema DG Flex pode ser aplicado em qualquer motor de ciclo Diesel, como caminhões e ônibus. GASMIG, (2016).

## Sistema Dual-Fuel BOSCH:

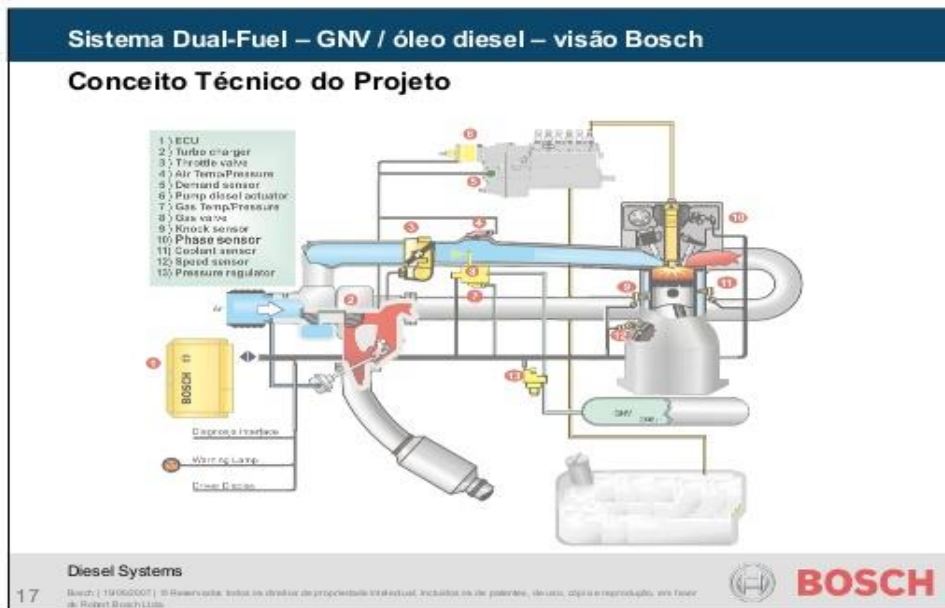


Figura – 20 <https://pt.slideshare.net/geraldosebastian39/sistema-dual-fuel-gnv-leo-diesel-viso-bosch-sidney-ol>.

### Componentes mecânicos:

Regulador de pressão;

Misturador;

Batente eletrônico;

Válvula de gás;

### Componentes eletrônico:

ECU;

Sensor de pressão e temperatura do gás;

Sensor de pressão e temperatura do ar;

Sensor de detonação;

Chicote elétrico;

Painel de combustível;

Sensor de demanda;

Sensor temperatura da água;

Sensor de rotação;

Sensor de fase;

## 9.2 Injeção de Gás natural

O Diesel Dual Fuel (DDF) é um sistema que converte Motores Diesel para um funcionamento com uma mistura de óleo Diesel e Gás Natural. O Gás Natural é misturado ao fluxo de ar. A injeção do Diesel é reduzida em quantidade, e é responsável para a ignição da mistura de ar e GN na câmara de combustão. Durante as operações o sistema fornece e controla a injeção contemporânea de gás natural e óleo Diesel em porcentagens variáveis, dependendo do ponto operacional o motor. O motor Dual Fuel pode funcionar em ambos os modos: Modo Diesel e Modo Dual Fuel. Em ambos os modos o ciclo de combustão é de tipo diesel. (Landirengo, 2009).

### Gás Natural é misturado ao fluxo de ar

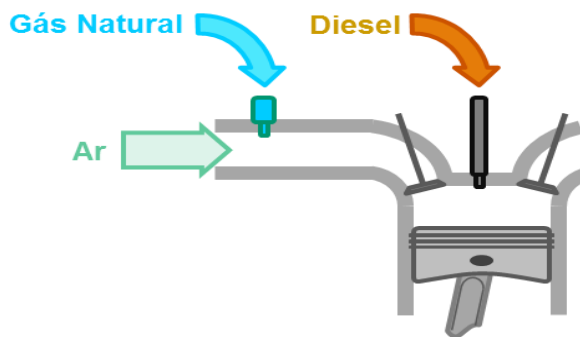


Figura – 21 <http://www.landirengo.com.br/img/lib/445e77796c10b.jpg>.

## 9.3 Sistema Dual-Fuel

O sistema dual Diesel-Gás funciona com uma central de gás que trabalha em paralelo com a do veículo. Por cada ponto motor (torque/rpm) a central inibe a injeção de diesel e o substitui com % de GNV. A central controla a injeção desta quantidade de gás na câmara de admissão, através dos rails, que entra na Câmara de combustão misturada ao ar e explode através da ignição devida à compressão do diesel, (funciona como centelha)". Este sistema é 100% reversível, econômico, uma melhor performance se obtém para percursos extra urbanos, ônibus ou compactadores de lixo. A partida é 100% diesel, a baixa carga a substituição chega a 25% em altas cargas chega a 60%. Com uma substituição entre (50-60%) pode reduzir de 12 a 14% emissões de CO<sub>2</sub> somente com a reação de combustão, e até 30-40% de material particulado e até 80% com catalizador oxidante acoplado a coletor/filtro de partículas. Valor de conversão entre 25-65 mil Reais para um sistema instalado. Trebien H.M. Grupo GMV. (2018).

### 9.3.1 Performance do GNV nos motores Diesel

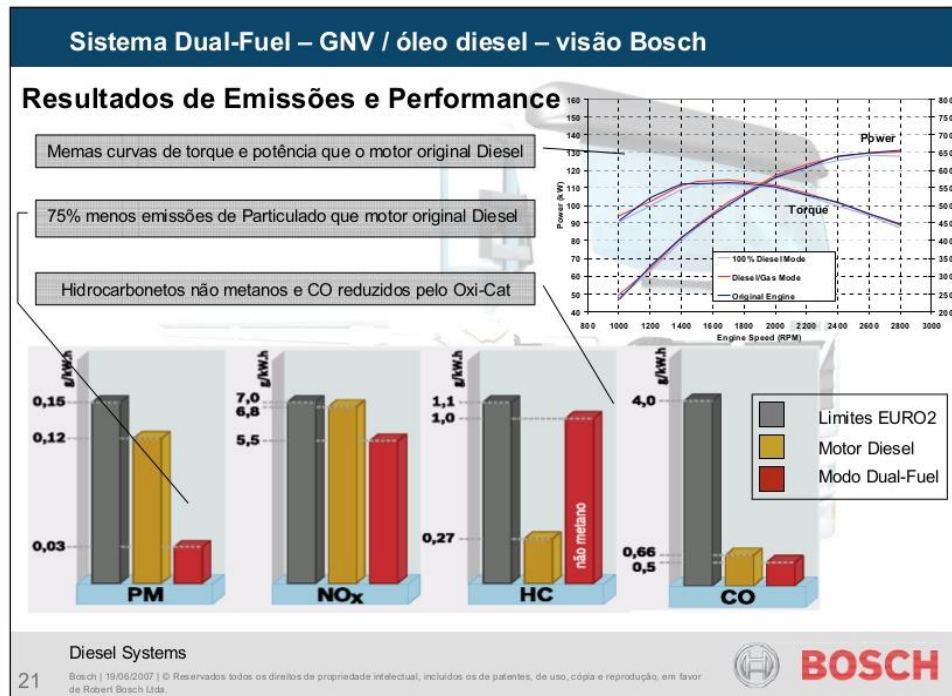


Figura – 22 <https://pt.slideshare.net/geraldosebastian39/sistema-dual-fuel-gnv-leo-diesel-viso-bosch-sidney-oli>.

## 10.0 Experiências ruins no passado geraram preconceito com gás.

Algumas experiências de uso do gás natural para transporte público no Brasil no fim dos anos 80 foram malsucedidas, o que causa preconceito até hoje entre os operadores de frotas de ônibus e caminhões. A CMTc [companhia municipal de transportes de São Paulo, atual SPTrans] converteu 200 ônibus para gás. A tecnologia não era das melhores naquela época, e houve uma série de falhas técnicas que criaram dificuldades para o operador. Um dos problemas enfrentados na época era a qualidade do gás natural, que muitas vezes chegava aos postos de abastecimento em estado “bruto”, sem passar por um processo de purificação, como ocorre hoje. Téo Takar, (UOL, 2018).

## Ônibus da CMTC



Figura – 23 [https://conteudo.imguol.com.br/c/noticias/db/2018/08/03/onibus-cmtc-movido-a-gas-metano-1533321675578\\_300x300.jpg](https://conteudo.imguol.com.br/c/noticias/db/2018/08/03/onibus-cmtc-movido-a-gas-metano-1533321675578_300x300.jpg).

### 11.0 Gás é mais econômico e menos poluente do que o diesel.

A grosso modo, você pode admitir que um caminhão que roda dois quilômetros com um litro de diesel irá percorrer os mesmos dois quilômetros com um metro cúbico de gás. A conta não é tão simples assim, mas é uma boa aproximação. Tomando essa conta como base, você pode estimar que a economia do gás natural em relação ao diesel é da ordem de 30%, ou de R\$ 1 por litro, considerando os preços atuais dos combustíveis. Téo Takar, (UOL, 2018).

### 12.0 Conversão de motor é única opção disponível no país.

Como não há caminhões e ônibus novos movidos a gás natural à venda no Brasil, a saída para caminhoneiros e frotistas interessados em usar o combustível hoje é realizar a conversão dos veículos a diesel disponíveis no mercado. Como os kits de conversão são importados, o custo para realizar o serviço é elevado, variando entre 10% e 25% do preço do veículo. O investimento inicial é elevado, mas a economia gerada pela diferença de preço entre o diesel e o gás permite pagar a conversão em até um ano se o veículo rodar bastante. Segundo ele, o kit mais barato para motores a diesel custa em torno de US\$ 10 mil e (R\$ 37 mil). A conversão do motor em si não é tão cara. O problema são os cilindros para armazenar o gás. Téo Takar, (UOL, 2018).

## 12.1 Scania lança caminhão movido a gás natural com motor ciclo Otto.

A montadora Scania e a Citrosuco, uma das maiores produtoras de suco de laranja do mundo, formaram uma parceria para demonstrar a viabilidade do uso de caminhões movidos a gás natural (GNV) e biometano no país. A Citrosuco iniciará os testes na primeira quinzena de dezembro com uma carreta de 410 cavalos de potência, que circulará entre Matão, no interior de São Paulo, e o porto de Santos (SP), um trajeto de 380 quilômetros, para transporte de suco de laranja destinado à exportação. A avaliação do veículo, que já será da nova geração de caminhões da Scania, deverá durar um ano. O caminhão será operado pela Transportadora Morada do Sol, que presta serviços à Citrosuco. O caminhão da Scania pode rodar com GNV, biometano ou com a mistura de ambos os combustíveis, mas não utiliza diesel. O abastecimento do veículo ficará a cargo da Gás Brasileiro, que utilizará inicialmente apenas GNV. De acordo com a Scania, o caminhão emite 85% menos gás carbônico (CO<sub>2</sub>) quando roda com biometano e 70% menos quando roda com GNV, em comparação a um veículo similar movido a diesel. Desde 2014, a Scania vem apresentando a operadores de frotas um modelo de ônibus urbano que utiliza um motor importado capaz de rodar com GNV, o gás natural veicular, e com biometano. Enquanto o GNV é proveniente do petróleo, uma fonte de energia não renovável, o biometano é considerado uma fonte renovável. Ele é produzido a partir de restos de matéria orgânica em aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto, usinas de cana-de-açúcar, entre outros locais. Téo Takar (uol 2018).

“O caminhão movido a GNV/biometano é uma opção viável ao diesel, que pode ser implementada em curto prazo e possibilita uma significativa redução de custos com combustível”. (Roberto Barral – uol – 2018).

## 12.2 Caminhões Scania:

Uma nova geração de caminhões menos poluentes chega ao mercado brasileiro. Resultado de investimentos de R\$ 1,5 bilhão feitos pela Scania na fábrica de São Bernardo do Campo, no ABC paulista, a nova linha inclui cinco modelos movidos a gás natural, biometano e bioetanol. Segundo a empresa, "serão os primeiros caminhões movidos a GNV/biometano do mundo". Na linha a diesel, o motor é 12% mais econômico do que o atual. A nova plataforma também está preparada para a produção futura de híbridos e elétricos. A nova linha passa a ser feita no País dois anos após seu lançamento na Europa. Apesar de resistências no passado, o caminhão a GNV, desenvolvido com novas tecnologias, é visto pela Scania como alternativa economicamente viável e menos poluente, além de ser uma opção de rápida aplicação até que o mercado esteja preparado para outras tecnologias, como a eletrificação. Cleide Silva (uol 2018).



“O GNV tem custo de operação inferior ao do diesel, além de índice de emissão de poluentes até 70% menor”. (Silvio Munhoz – uol – 2018).

### **Caminhão movido a gás natural com motor ciclo Otto.**



Figura–24

<https://www.google.com.br/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi-IznX7qfhAhURHbkGHelzBxEQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DuWaK1y2FgpQ&psig=AOvVaw3yug3RwLoC2012-X2oCEOG&ust=1553966552111954>

### **12.3 Volvo apresenta seu caminhão movido a GNL e a Diesel.**

A Volvo apresentou em Paulínia (SP) o primeiro caminhão movido a GNL (gás natural liquefeito) e a diesel do Brasil. O caminhão é um FM 460 cv importado da Suécia, que utiliza aproximadamente 70% de GNL e 30% de diesel. Os testes estão sendo realizados pela White Martins, no trecho de 275 km entre Paulínia a Avaré. Segundo o gerente de Estratégia e Desenvolvimento de Negócios, Alberto Neumann, a tecnologia com GNL desenvolvida pela Volvo resulta numa eficiência 30% a 40% maior que a dos motores convencionais a gás com vela de ignição. “Com isso reduzimos o consumo de combustível em 25%”, afirma. O modelo possui um tanque de diesel de 330 litros e um tanque de GNL de 290 litros e o caminhão tem autonomia de 900 km. Os testes, acrescentou Neumann, mostraram uma redução de 10% na emissão de CO<sub>2</sub> (gás carbônico, principal causador do chamado efeito estufa). Revista Carga Pesada (2013).

## Caminhão movido a GNL e a Diesel da Volvo.



Figura – 25 <https://cargapesada.com.br/wp-content/uploads/2017/05/32-1.png>.

### 12.4 Mercedes Benz com motor bicomcombustível diesel + GNV para uso em ônibus.

Nessa nova solução em desenvolvimento pela Mercedes-Benz – a partir do conhecido motor OM 926 LA de 6 cilindros e 7,2 litros, que atende à legislação Proconve P-7 (equivalente ao Euro 5) – o principal combustível é o gás natural veicular (GNV), complementado pelo óleo diesel, seja o diesel de petróleo ou as misturas com diesel de cana ou biodiesel. O conceito do motor prevê a injeção de GNV diretamente na entrada do coletor de admissão do motor, por meio de um sistema dosador e misturador. A quantificação do volume de gás é gerenciada eletronicamente, em combinação com o controle eletrônico da relação de ar/combustível. “O veículo funciona com os dois combustíveis”, afirma Gilberto Leal, gerente de Desenvolvimento de Motores da Mercedes-Benz do Brasil. “Sem grandes alterações no motor básico a diesel foi possível atingir até 90% de relação de substituição de diesel por GNV. Nesta proporção há uma redução de 18% nas emissões de CO<sub>2</sub>, um dos principais gases do efeito estufa, e ainda redução de cerca de 30% de material particulado”. O projeto incluiu mudanças mínimas na arquitetura elétrica e eletrônica do veículo, mantendo o sistema SCR (redução catalítica seletiva) e aplicando adicionalmente um catalisador de oxidação, a fim de reduzir as emissões de monóxido de carbono e metano. Gilberto Leal aponta os benefícios do conceito “bicomcombustível” do motor Mercedes-Benz frente aos

motores a gás convencionais. “Um veículo com um motor que consegue funcionar com diesel puro ou diesel + GNV, como o nosso, oferece vantagem sobre aquele que funcione exclusivamente com gás, pois quando não há disponibilidade de GNV, o veículo ‘bicomcombustível’ opera normalmente, ou seja, abastecido só com diesel. Leandro Tavares (2013).

### 13.0 Modelo de um Posto de serviços:

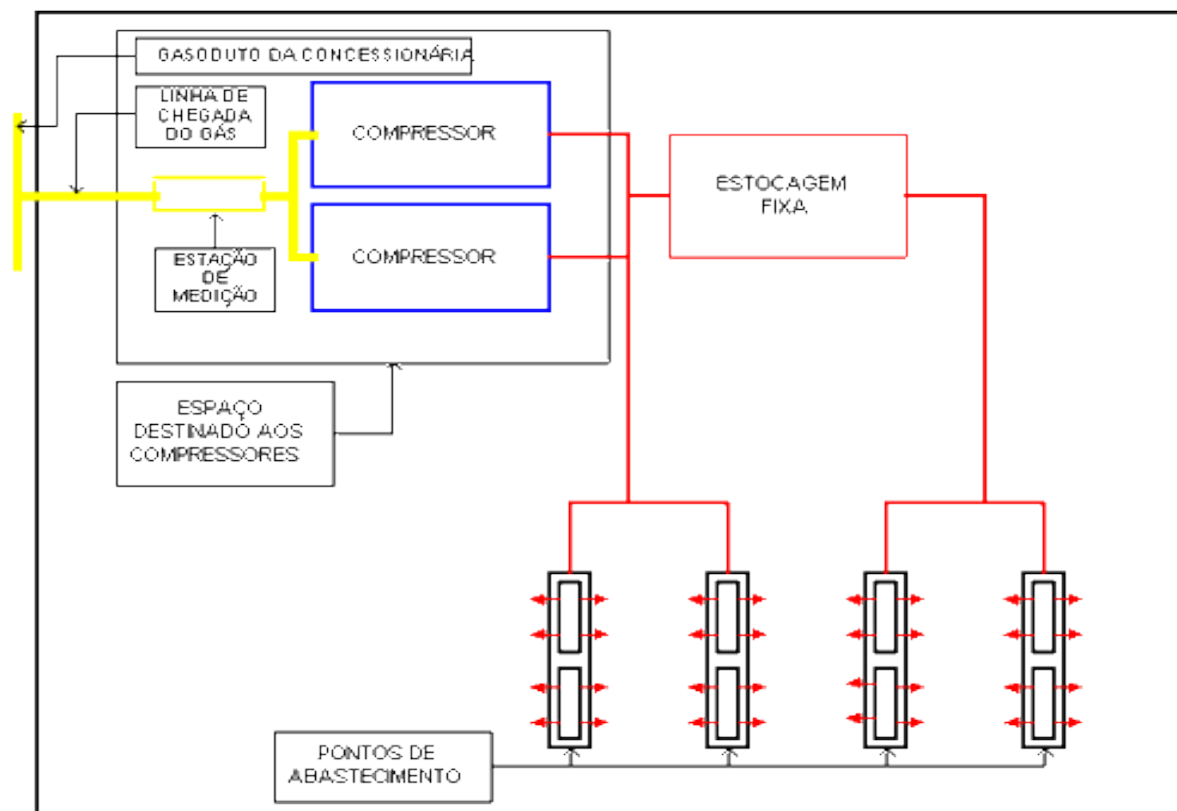


Figura – 26 <http://www.gasnet.com.br/gnv/fig1a.gif>.

O gás natural é fornecido pela empresa concessionária de gás canalizado que atende à região onde o Posto de Serviço será instalado. No caso do Rio de Janeiro, esta empresa é a CEG. O produto é fornecido através de um gasoduto, como indicado na Figura 26. A linha de gás amarela representa uma linha de baixa pressão. O gás fornecido é medido na estação de medição antes de alimentar os compressores. Depois de medido, o gás é comprimido nos compressores e atinge pressões da ordem de 220 atmosferas, estando pronto para ser disponibilizado nos Pontos de Abastecimento ou encaminhado para uma estocagem fixa, vulgarmente conhecida como "pulmão", que é composta de um conjunto de cilindros conectados entre si por tubulações e dimensionados para suportar as elevadas pressões do gás. A Figura 26 apresenta a linha de gás de alta pressão em vermelho. O projeto



e construção de um posto de serviço para abastecimento de veículos movidos a GNV é, do ponto de vista técnico, um processo que deve ser baseado na norma NBR 12.236 - Critérios de Projeto, Montagem e Operação de Postos de Gás Combustível Comprimido da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, datada de fevereiro de 1994. GASNET (2019).

### 13.1 Caminhões feixe:

As localidades que não são atendidas por rede de gás natural, ou em que a concessionária estadual de gás natural não possui projeto de expansão da rede no município, podem ser abastecidas com carretas feixe de gás natural comprimido (GNC). Também conhecido como “gasoduto móvel” ou “gasoduto virtual” o transporte de GNC permite flexibilidade de abastecimento, com atendimento a localidades isoladas, representando uma alternativa de suprimento, complementando os canais existentes. Esta alternativa mostra-se viável para atendimento em um raio de até 150 km de distância da unidade de compressão de gás natural. A Resolução ANP nº 41, de 5/12/2007 regulamenta as atividades de distribuição e comercialização de gás natural comprimido (GNC) a granel e a construção, ampliação e operação de unidades de compressão e distribuição de GNC. Segundo a ANP (Agência Nacional do Petróleo) (2015).

#### Caminhões feixe:



Figura – 27

[https://0201.nccdn.net/1\\_2/000/000/0fe/ee9/manutencao-cilindro-gas-natural-960x362.jpg#RDAMDAID8193219](https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/0fe/ee9/manutencao-cilindro-gas-natural-960x362.jpg#RDAMDAID8193219).

Os clientes que revendem o Gás Natural Comprimido (GNC) adquirem o gás da GASMIG e o comprimem a uma pressão de 250 bar o que reduz seu volume em até 270 vezes. Após esse processo, o gás natural é armazenado em cilindros especiais, ainda no estado gasoso. O transporte do GNC é feito em carretas, que podem ser deixadas nos pontos de descompressão e substituídas periodicamente ou utilizadas para abastecimento de reservatórios fixos, assegurando a continuidade e confiabilidade do fornecimento ao usuário final de gás. Após a entrega, o gás natural é descomprimido, e o usuário final receberá o gás natural nas condições ideais de utilização. No caso do GNL (Gás Natural Liquefeito), o cliente da GASMIG utiliza um processo criogênico no qual o gás natural é resfriado à temperatura de  $-162^{\circ}\text{C}$  e tem seu volume reduzido em até 600 vezes, o que facilita a logística de transporte. Seu transporte também é feito por carretas que mantêm o gás natural no estado líquido, desde a planta de liquefação de gás até as estações de regaseificação instaladas nos usuários finais, onde o gás volta ao estado gasoso nas condições ideais de utilização. Esse modal é ideal para maiores distâncias ou grandes volumes adquiridos pelos usuários finais de gás. Os clientes que revendem o gás natural, via GNC ou GNL, têm como usuário final, indústrias, comércios, postos de combustível veicular e até mesmo grandes condomínios residenciais. Essas alternativas possibilitam o fornecimento do gás natural para os usuários finais localizados em áreas ainda não atendidas por gasodutos. GASMIG (2018).

#### **14.0 Resultados e Discussões:**

Os valores para uma conversão de GNV irão variar de acordo com o tipo de veículo e a autonomia desejada, ou seja, a quantidades de cilindros para armazenamento do GNV. Para um veículo que custe em torno de 65 mil Reais para uma conversão e um gasto em média 3 Km por litro de diesel, esta conversão dará uma proporção de consumo aproximada de 40% GNV e de 60% Diesel, dependendo do trajeto e modo de condução do motorista do veículo.

## 15.0 Preço do GNV e Diesel em postos da região de Santo André e Mauá.

### 15.1 Posto de combustível 1:



Figura 28. Fonte: autor.

Este valor está sendo praticado no posto localizado na rua catequese, nº 1263, Vila Guiomar, Santo André no dia 20/05/2019. Utilizando os valores de GNV e Diesel S10, para obter os cálculos da média.

### 15.2 Posto de combustível 2:



Figura 29. Fonte: autor.

Este valor está sendo praticado no posto localizado na Rua Giovanni Battista Pirelli, 1789 - Cidade São Jorge, Santo André no dia 20/05/2019. Utilizando os valores de GNV e Diesel S10, para obter os cálculos da média.

### 15.3 Posto de combustível 3:



Figura 30. Fonte: autor.

Este valor está sendo praticado no posto localizado na Av. Cap. João, 614 - Matriz, Mauá no dia 20/05/2019. Utilizando os valores de GNV e Diesel S10, para obter os cálculos da média.

Fazendo a média dos valores praticados de pelos 3 postos de combustíveis pesquisados, obtivemos os seguintes valores de GNV e Diesel.

Figura 29: GNV à R\$ 2,999;

Figura 30 GNV à R\$ 2,899;

Figura 31 GNV à R\$ 2,899,

Média: 2,932.

Figura 29: Diesel S10 à R\$ 3,599;

Figura 30 Diesel S10 à R\$ 3,599;

Figura 31 Diesel S10 à R\$ 3,699;

Média: 3,632.

Diesel S10 R\$ 3,632 – GNV R\$ 2,932. Portanto uma diferença de R\$ 0,70.

## 16.0 Análise de custo e benefício 1:

### 16.0.1 Modelo de instalação de GNV em caminhões extrapesados:

Cilindros de aço carbono ou fibra de carbono; capacidade de GNV 50 m<sup>3</sup> a 120 m<sup>3</sup>; Preço estimado R\$ 50.000,00 a R\$ 61.000,00. (CONVERGAS, 2018).



Figura – 31 <http://www.convergas.com.br/caminhao.html>.

Para veículos extrapesados que consomem em média 2 Km/l, tem-se a tabela a seguir, e para fim de estudo utilizaremos um cálculo de 50% de óleo Diesel e 50% de GNV, esta margem está dentro do especificado pelo fabricante do sistema DDF, pois a substituição do Diesel por GNV fica entre 25% e 60%, dependendo do regime de operação do motor, modo de operação do motorista e condições da estrada, utilizaremos cálculos referente ao valor de 0.5 litro de óleo Diesel e 0,5 m<sup>3</sup> de GNV, isso para avaliar os gastos e os ganhos.

Referência para caminhão Mercedes Benz, Actros 2651 6x4 Mercedes Benz, ano 2016, euro 5, consumo médio de 2 Km por litro carregado.

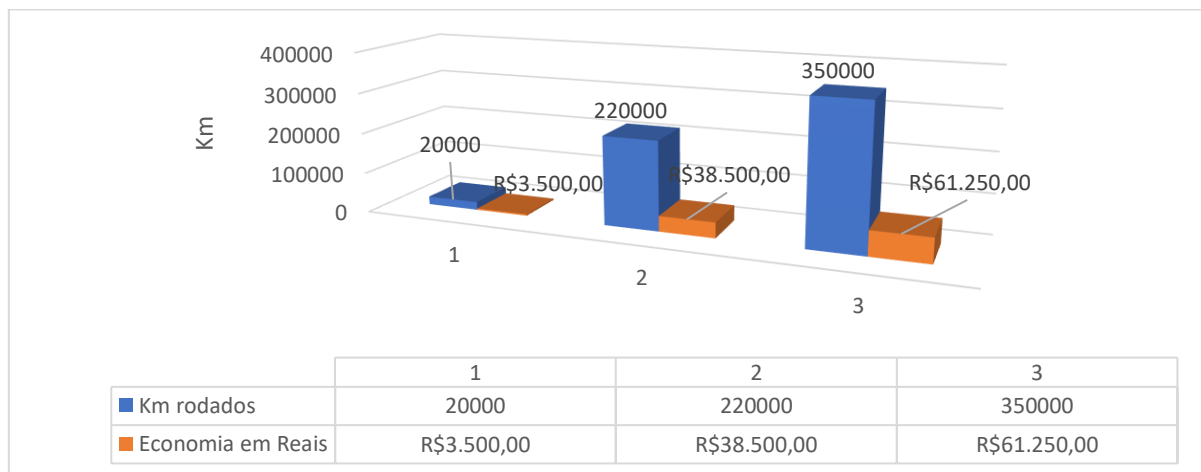


**Tabela – 1 Consumo de combustível 2 Km/l x Economia utilizando GNV:**

Litros ou m3	Preço do Diesel e do GNV em Reais		Consumo medio de combustível em Reais			Km rodados	Economia em Reais
	Diesel	GNV	50% de Diesel	50% de GNV	Soma em Reais		
1	R\$ 3,63	R\$ 2,93	R\$ 1,82	R\$ 1,47	R\$ 3,28	2	R\$ 0,35
100	R\$ 363,20	R\$ 293,20	R\$ 181,60	R\$ 146,60	R\$ 328,20	200	R\$ 35,00
1000	R\$ 3.632,00	R\$ 2.932,00	R\$ 1.816,00	R\$ 1.466,00	R\$ 3.282,00	2000	R\$ 350,00
10000	R\$ 36.320,00	R\$ 29.320,00	R\$ 18.160,00	R\$ 14.660,00	R\$ 32.820,00	20000	R\$ 3.500,00
110000	R\$ 399.520,00	R\$ 322.520,00	R\$ 199.760,00	R\$ 161.260,00	R\$ 361.020,00	220000	R\$ 38.500,00
175000	R\$ 635.600,00	R\$ 513.100,00	R\$ 317.800,00	R\$ 256.550,00	R\$ 574.350,00	350000	R\$ 61.250,00

Fonte: Autor.

Considerando o preço do Diesel S10 e do GNV e utilizando 50% de cada combustível, a planilha nos mostra que, para um veículo comercial que consome 1 litro de Diesel a cada 2 Km, o retorno da conversão que é de R\$ 61.000,00, se dará próximo dos 350.000 Km, levando em conta que os motores tem em média uma vida útil aproximada de 1.000.000 de Km para a primeira retifica, este gasto na conversão parece lucrativo pois corresponde a 1/3 da vida do motor.

**Gráfico – 1 Retorno do investimento com consumo de 2 Km/l.**

Fonte: Autor.

Analisando o gráfico fica claro que o retorno do investimento que é de R\$ 61.000,00 se dará após uma grande quantidade de quilometragem rodada pelo veículo, porém para um veículo comercial, esta quilometragem é atingida em pouco tempo, sendo assim o investimento é compensado rapidamente.

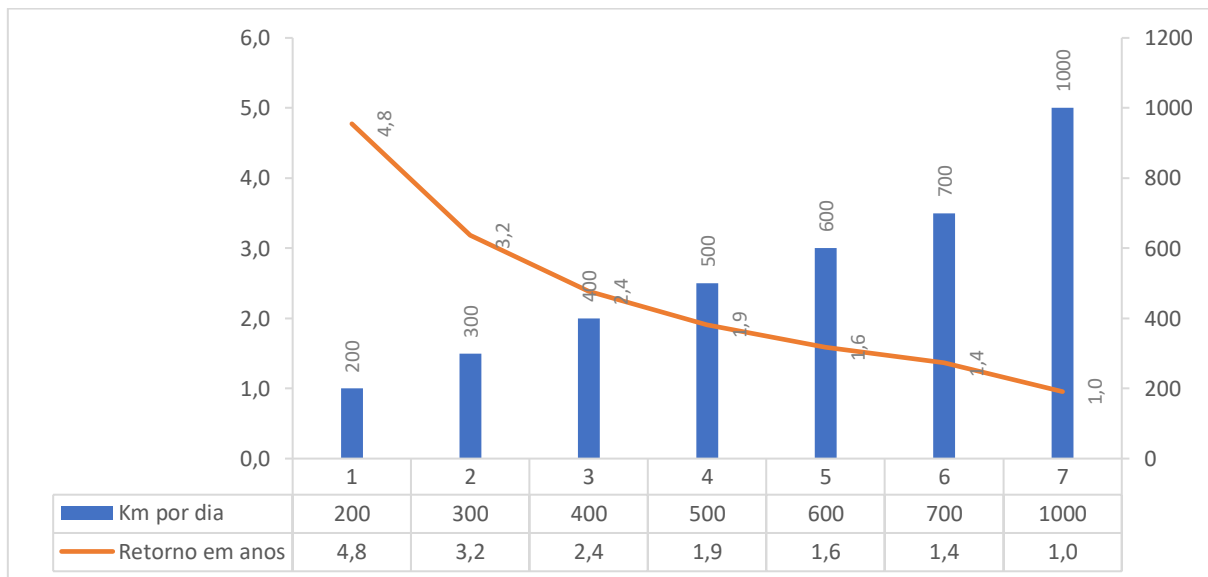
**Tabela – 2 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 2 Km/l:**

Km por dia	Km por mês	Km por Ano	Economia anual	Retorno em anos
200	6000	73000	R\$ 12.775,00	4,8
300	9000	109500	R\$ 19.162,50	3,2
400	12000	146000	R\$ 25.550,00	2,4
500	15000	182500	R\$ 31.937,50	1,9
600	18000	219000	R\$ 38.325,00	1,6
700	21000	255500	R\$ 44.712,50	1,4
1000	30000	365000	R\$ 63.875,00	1,0

Fonte: Autor

Observando a tabela, fica claro que se o veículo rodar perto de 500 Km por dia o retorno do investimento será próximo de 1,9 anos, e quanto mais o veículo rodar, mais vantajoso será o investimento, em compensação se o veículo rodar pouco o retorno do investimento será muito demorado.

**Gráfico – 2 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia:**



Fonte: Autor.

Observando o quadro, fica claro que se o veículo rodar perto de 500 Km por dia o retorno do investimento será próximo de 2 anos e também é possível notar que, se o veículo rodar mais o retorno do investimento será mais rápido, em compensação se o veículo rodar pouco o retorno do investimento será muito demorado.

## 16.1 Análise de custo e benefício 2:

### 16.1.1 Modelo de instalação de GNV em ônibus articulado:

Cilindros de fibra de carbono; capacidade de GNV 50 m<sup>3</sup> a 420 m<sup>3</sup>; Preço estimado acima de R\$ 70.000,00. (CONVERGAS, 2018).



Figura – 32 <http://www.convergas.com.br/onibus.html>.

Para veículos pesados que consomem em média 1,9 Km/l, temos a tabela 3, e para fim de estudo estou utilizando um cálculo de 50% de óleo Diesel e 50% de GNV, esta margem está dentro do especificado pelo fabricante do sistema DDF, pois a substituição do Diesel por GNV fica entre 25% e 60%, dependendo do regime de operação do motor, modo de dirigir do motorista e condições da estrada, estou usando cálculos referente ao valor de 0.5 litro de óleo Diesel e 0,5 m<sup>3</sup> de GNV, isso para avaliar os gastos e os ganhos.

Referência: Modelo do motor, MB OM 924 LA, consumo médio de 1,9 Km por litro, ano 2016, Euro 5.

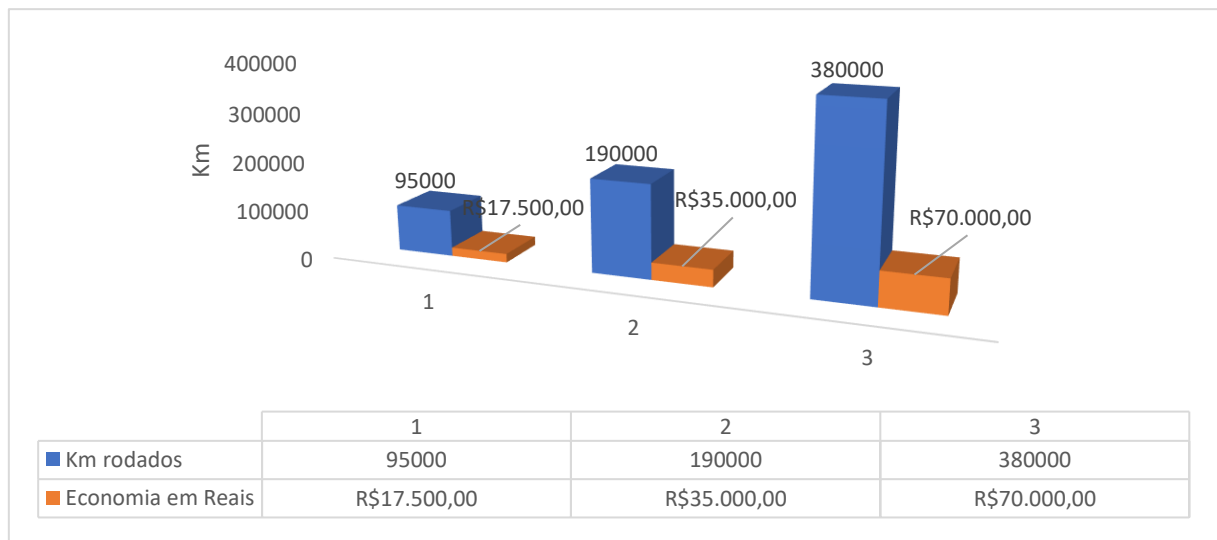
**Tabela – 3 Consumo de combustível 1,9 Km/l x Economia utilizando GNV:**

Litros ou m3	Preço do Diesel e do GNV em Reais				Consumo medio de combustível em Reais				Km rodados	Economia em Reais
	Diesel		GNV		50% de Diesel		50% de GNV			
1	R\$ 3,63	R\$ 2,93	R\$ 1,82	R\$ 1,47	R\$ 3,28	1,9	R\$ 0,35			
1000	R\$ 3.632,00	R\$ 2.932,00	R\$ 363,20	R\$ 1.466,00	R\$ 1.829,20	1900	R\$ 1.802,80			
10000	R\$ 36.320,00	R\$ 29.320,00	R\$ 18.160,00	R\$ 14.660,00	R\$ 32.820,00	19000	R\$ 3.500,00			
50000	R\$ 181.600,00	R\$ 146.600,00	R\$ 90.800,00	R\$ 73.300,00	R\$ 164.100,00	95000	R\$ 17.500,00			
100000	R\$ 363.200,00	R\$ 293.200,00	R\$ 181.600,00	R\$ 146.600,00	R\$ 328.200,00	190000	R\$ 35.000,00			
200000	R\$ 726.400,00	R\$ 586.400,00	R\$ 363.200,00	R\$ 293.200,00	R\$ 656.400,00	380000	R\$ 70.000,00			

Fonte: Autor.

Considerando o preço do Diesel S10 e do GNV e utilizando 50% de cada combustível, a planilha mostra que, para um veículo comercial que consome 1 litro de Diesel a cada 1,9 Km, o retorno da conversão que é de R\$ 70.000,00, se dará próximo dos 380.000 Km, levando em conta que os motores tem em média uma vida útil aproximada de 1.000.000 de Km para a primeira retifica, este gasto na conversão parece lucrativo pois corresponde a 1/3 da vida do motor.

**Gráfico – 3 Retorno do investimento com consumo de 1,9 Km/l.**



Fonte: Autor.

Analisando o gráfico 3 fica claro que o retorno do investimento que é de R\$ 70.000 se dará após uma grande quantidade de quilometragem rodada pelo veículo, porém para um veículo comercial, esta quilometragem é atingida em pouco tempo, sendo assim o investimento é compensado rapidamente.

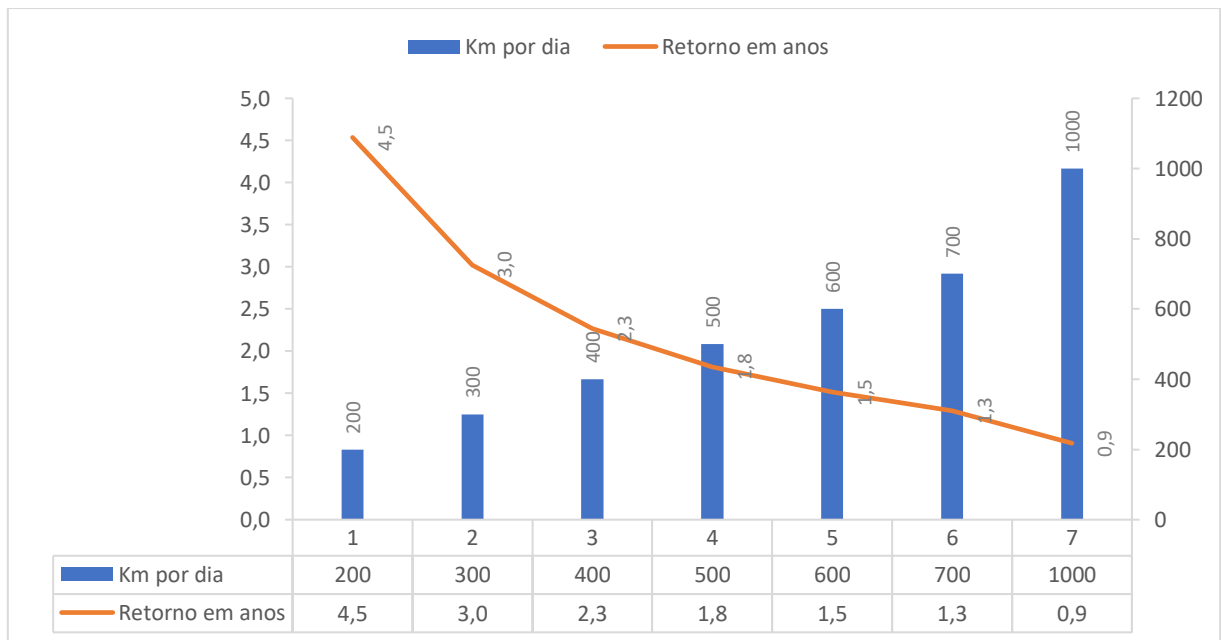
**Tabela – 4 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 2,9 Km/l:**

Km por dia	Km por mês	Km por Ano	Econômia anual em reais	Retorno em anos
200	6000	73000	R\$ 13.447,37	4,5
300	9000	109500	R\$ 20.171,05	3,0
400	12000	146000	R\$ 26.894,74	2,3
500	15000	182500	R\$ 33.618,42	1,8
600	18000	219000	R\$ 40.342,11	1,5
700	21000	255500	R\$ 47.065,79	1,3
1000	30000	365000	R\$ 67.236,84	0,9

Fonte: Autor

Observando a tabela 4, fica claro que se o veículo rodar perto de 500 Km por dia o retorno do investimento será próximo de 1,8 anos, e quanto mais o veículo rodar por dia, mais vantajoso será o investimento, em compensação se o veículo rodar pouco o retorno do investimento será muito demorado.

**Gráfico – 4 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia:**



Fonte: Autor

Observando o gráfico 4, fica claro que se o veículo rodar perto de 500 Km por dia o retorno do investimento será próximo de 1,8 anos e quanto mais o veículo rodar por dia, mais vantajoso será o investimento, em compensação se o veículo rodar pouco o retorno do investimento será muito demorado.

## 16.2 Análise de custo e benefício 3:

### 16.2.1 Modelo de instalação de GNV em caminhões semipesados:

Cilindros de aço carbono ou fibra de carbono; capacidade de GNV 50 m<sup>3</sup> a 300 m<sup>3</sup>; Preço estimado R\$ 45.000,00 a R\$ 70.000,00. (CONVERGAS, 2018).



Figura – 33 <http://www.convergas.com.br/caminhao.html>.

Veículos semipesados que consomem em média 4 Km/l temos a tabela 5, e para fim de estudo estou utilizando 50% de óleo Diesel e 50% de GNV, esta margem está dentro do especificado pelo fabricante do sistema DDF, pois a substituição do Diesel por GNV fica entre 25% e 60%, dependendo do regime de operação do motor, modo de dirigir do motorista e condições da estrada, estou usando cálculos referente ao valor de 0.5 litro de óleo Diesel e 0,5 m<sup>3</sup> de GNV, isso para avaliar os gastos e os ganhos.

Referência para caminhão, Tector 240E28 6x2, da IVECO, ano 2014, euro 5, consumo médio de 4 Km por litro.

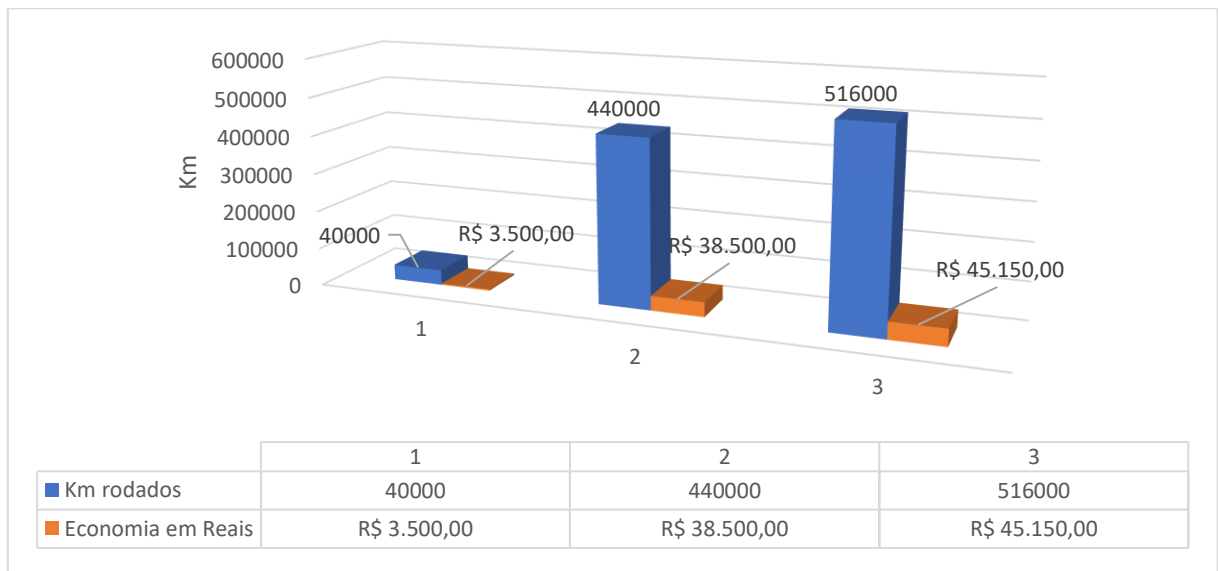
**Tabela – 5 Consumo de combustível 4Km/l x Economia utilizando GNV:**

Litros ou m3	Preço do Diesel e do GNV em Reais		Consumo medio de combustível em Reais			Soma em Reais	Km rodados	Economia em Reais
	Diesel	GNV	50% de Diesel	50% de GNV				
1	R\$ 3,63	R\$ 2,93	R\$ 1,82	R\$ 1,47	R\$ 3,28	4	R\$ 0,35	
100	R\$ 363,20	R\$ 293,20	R\$ 181,60	R\$ 146,60	R\$ 328,20	400	R\$ 35,00	
1000	R\$ 3.632,00	R\$ 2.932,00	R\$ 1.816,00	R\$ 1.466,00	R\$ 3.282,00	4000	R\$ 350,00	
10000	R\$ 36.320,00	R\$ 29.320,00	R\$ 18.160,00	R\$ 14.660,00	R\$ 32.820,00	40000	R\$ 3.500,00	
110000	R\$ 399.520,00	R\$ 322.520,00	R\$ 199.760,00	R\$ 161.260,00	R\$ 361.020,00	440000	R\$ 38.500,00	
129000	R\$ 468.528,00	R\$ 378.228,00	R\$ 234.264,00	R\$ 189.114,00	R\$ 423.378,00	516000	R\$ 45.150,00	

Fonte: Autor.

Considerando o preço do Diesel S10 e do GNV e utilizando 50% de cada combustível, a planilha mostra que, para um veículo comercial que consome 1 litro de Diesel a cada 4 Km, o retorno da conversão que é de R\$ 45.000,00, se dará próximo dos 516.000 Km, levando em conta que os motores tem em média uma vida útil aproximada de 1.000.000 de Km para a primeira retifica, este gasto na conversão parece lucrativo pois corresponde a 1/2 da vida do motor.

**Gráfico – 5 Retorno do investimento com consumo de 4 Km/l.**



Fonte: Autor.

Analisando o gráfico fica claro que o retorno do investimento que é de R\$ 45.000,00 se dará após uma grande quantidade de quilometragem rodada pelo veículo, porém para um veículo comercial, esta quilometragem é atingida em pouco tempo, sendo assim o investimento é compensado rapidamente.

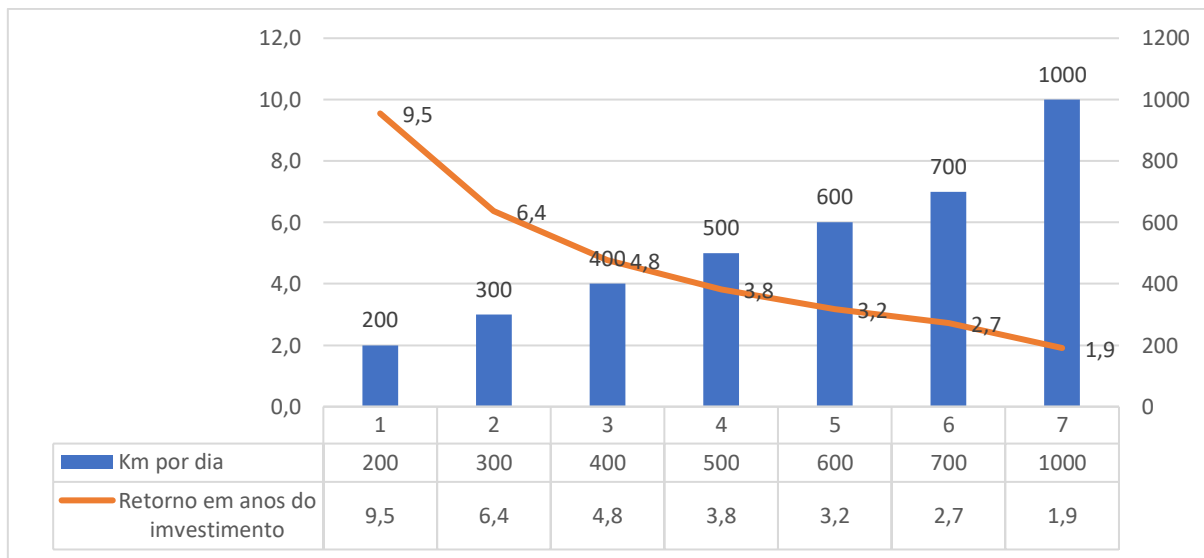
**Tabela – 6 Quilometragem x Economia por ano com um consumo de 4 Km/l:**

Km por dia	Km por mês	Km por Ano	Economia anual em Reais	Retorno em anos do investimento
200	6000	73000	R\$ 6.387,50	9,5
300	9000	109500	R\$ 9.581,25	6,4
400	12000	146000	R\$ 12.775,00	4,8
500	15000	182500	R\$ 15.968,75	3,8
600	18000	219000	R\$ 19.162,50	3,2
700	21000	255500	R\$ 22.356,25	2,7
1000	30000	365000	R\$ 31.937,50	1,9

Fonte: Autor.

Observando a tabela, fica claro que se o veículo rodar perto de 500 Km por dia o retorno do investimento será próximo de 3,8 anos, e quanto mais o veículo rodar, mais vantajoso será o investimento, em compensação se o veículo rodar pouco, o retorno do investimento será muito demorado.

**Gráfico – 6 Retorno do investimento através da média de Km rodados ao dia:**



Fonte: Autor.

Após a análise do gráfico 6, podemos notar que o retorno do investimento será mais rápido se o veículo rodar mais quilômetros por dia, em compensação se o veículo rodar pouco ao dia o retorno será muito demorado.



### 17.0 Emissões de CO2 e de MP com o sistema DDF:

Utilizando a conversão do motor Diesel para GNV com o sistema DDF e com uma substituição de 50% por GNV é possível ter economia com o valor do GNV comparando com Diesel, também se tem uma redução dos valores de emissões de CO2 próximo de 12% e material particulado próximo de 30%.

Utilizando como base os valores de metas de emissões para veículos pesados pela PROCONVE, obteve-se os novos valores.

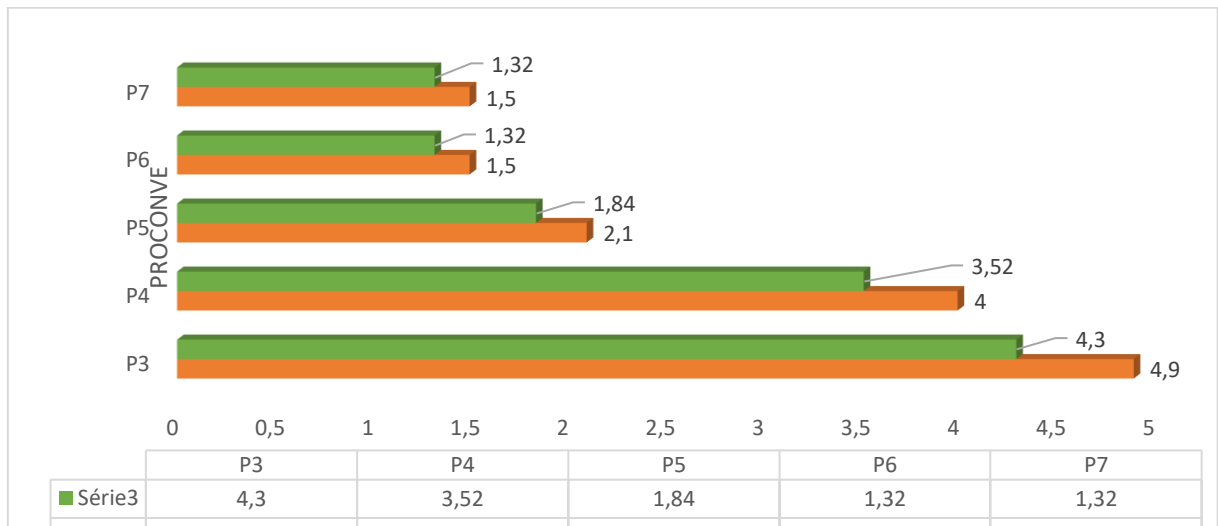
**Tabela – 7 Redução de CO2 e material particulado com o sistema DDF.**

PROCONVE	Limites Proconve	Substituição de 50% de óleo diesel por GNV		Substituição de 50% de óleo diesel por GNV	
	CO2 g/KWH	Redução de CO2 12%	PROCONVE	MP g/KWH	Redução de 30% do MP
P3	4,9	4,3	P3	0,7	0,49
P4	4	3,52	P4	0,25	0,175
P5	2,1	1,84	P5	0,13	0,09
P6	1,5	1,32	P6	0,02	0,014
P7	1,5	1,32	P7	0,02	0,014

Fonte: Autor.

Observando a tabela 7, as emissões de poluentes estão sendo bem reduzidas, devido as dificuldades que as empresas têm de diminuir os poluentes dos motores Diesel, sem que haja um grande acréscimo de valores sobre os veículos pois esta é uma das soluções possíveis de implantar já nos veículos novos.

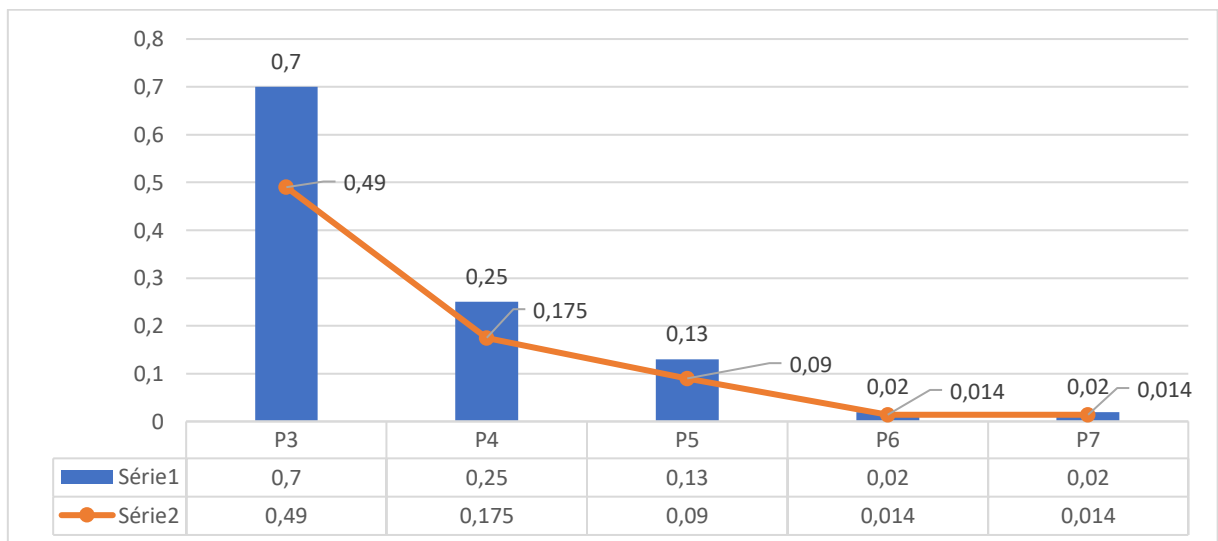
**Gráfico – 7 Redução de 12% de CO2 sobre os valores do PROCONVE:**



Fonte: Autor.

O gráfico 7 mostra que há uma boa redução de poluentes (CO2), sendo emitidos para o meio ambiente.

**Gráfico – 8 Redução de 30% de material particulado sobre os valores do PROCONVE:**



Fonte: Autor.

O gráfico 8 mostra que há uma grande redução dos poluentes chamados materiais particulados, sendo emitidos para o meio ambiente.

## **18.0 Conclusão:**

Os objetivos foram alcançados, pois através dos conhecimentos adquiridos na FATEC, juntamente com esta pesquisa foi possível obter o entendimento do funcionamento do kit de conversão dos motores Diesel para GNV.

Este kit parece bastante promissor, já que após a instalação do kit de GNV os gases poluentes expelidos pelo escapamento serão diminuídos, também tem um fator importante durante a combustão, pois o GNV não contamina óleo lubrificante, por ser um combustível limpo e seco que não se mistura e nem contamina o óleo lubrificante assim inibindo a formação de resíduos de carbono no motor, o que aumenta sua vida útil e o período entre manutenções;

O gás natural veicular passa por um processo de purificação, o GNV é analisado antes de ser enviado para o consumidor final, assim garantindo a sua qualidade. Com isso são eliminados os problemas ocorridos no passado, principalmente os ocorridos com a CMTC.

Para uma empresa que opera com uma frota de veículos comerciais, este kit pode ser uma boa medida para ajudar no cumprimento das legislações, uma vez que com o uso deste kit deixarão de ser emitidos grande quantidade de materiais particulados para o meio ambiente e esta redução de fumaça preta pelos escapamentos, que para os empresários e donos de caminhões são a maior causadora de multas nas rodovias, estradas e centros urbanos. Porém, como toda empresa precisa ter lucros para sobreviver e os donos de caminhões que já tem várias dificuldades para manter o veículo em condições adequadas de uso e o investimento deste kit não é nada barato, então seria necessário um plano de governo que incentivasse a aquisição do kit de conversão GNV pelos frotistas e os donos de caminhões, o próprio governo seria beneficiado através desta conversão, pois os materiais poluentes expelidos pelos escapamentos são um dos agravantes no sistema respiratório das pessoas e assim lotam hospitais causando ainda mais gastos no sistema de saúde levando até a internações. O próprio governo deixaria de gastar milhões nestes centros de saúde, então nada mais justo um tipo de benefício que ajudaria os donos de veículos comerciais a obterem este retorno do investimento em períodos mais breves, um tipo de incentivo seria no próprio preço do GNV, se a diferença do valor do GNV em relação ao Diesel fosse maior, seria visto pelos donos de veículos como uma opção a esta conversão.

Somente a empresa que faz a conversão de motores Diesel para GNV pode dar os valores corretos de uma conversão, eles analisarão o tipo de veículo, o tipo de chassi, o tipo de motor, a quantidade de carga a ser levada e a rota que o veículo mais utilizará, e com base nisto determinarão um projeto mais adequado a cada veículo, a quantidade de cilindros necessários para o cumprimento da rota e onde podem ser alocados no veículo de modo que não prejudique o espaço para eventuais manobras, por exemplos, outro detalhe a ser considerado será o trajeto, uma boa pesquisa para saber se há postos de combustíveis com GNV nesta rota, pois se o trajeto for longo será necessário ter um bom reservatório de GNV, assim pode encarecer ainda mais a conversão do veículo, com base nisto a empresa dará os seus custos e o proprietário do veículo terá mais informações para saber se o retorno de seu investimento será breve ou demorado.

### **19.0 Trabalhos Futuros**

Motor Diesel movido a etanol.

## 20.0 Bibliografia:

AGN. **Associação Portuguesa das Empresas de Gás natural**. Disponível em: <http://agnatural.pt/pt/o-gas-natural/breve-historia-do-gas-natural>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

ANGHEBEN, A, A. **Estudo sobre a combustão de blendas de hidrogênio e diesel em motores ciclo diesel**. Monografia de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis da Universidade Federal do Paraná. Paraná 2013.

BAPTISTA, A, C, C. **O derivado mais importante do petróleo: o Óleo Diesel – uma análise multidimensional**. Monografia de Conclusão de Curso de Pós Graduação em Engenharia de Reservatórios Petróleo e Gás ao título de Especialista. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL POSTOS. (2012). Disponível em <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/combustiveis-2/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-gnv/>. Acesso 12/03/2019.

CESAR, G. C. A.; NASCIMENTO, C. F. L.; CARVALHO, A.J. **Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças**. Revista de Saúde Pública, v.47, n.6, p.1209-12, 2013.

Silva, M, V, I. **Efeitos do uso do biodiesel sobre propriedades do óleo lubrificante usado em um motor de ignição por compressão**. São Carlos. SP. 2006.

BEHAR, M (Ed). **Motores diesel**. Tradução de Joshuah de Bragança Soares et al. 4. Ed. São Paulo: Hemus, 1978.

BOSH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva. 25.ed**. Tradução de Helga Madjderey et al. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

Cardoso, M. Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/quimica/hulha/>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

Carvalho, D, H. **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE INJEÇÃO DE GÁS NATURAL EM MOTORES DIESEL**. Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Brasília 2014.

CESAR, G. C. A.; NASCIMENTO, C. F. L.; CARVALHO, A.J. **Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças**. Revista de Saúde Pública, v.47, n.6, p.1209-12, 2013.

COELHO, S.Z.S.M. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

COMPAGAS. Disponível em <http://www.compagas.com.br/index.php/veicular>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

CONVERGAS. Disponível em <http://www.convergass.com.br/>. Acesso em 14 de junho de 2019.

Duarte, L. **Revista Manutenção e Tecnologia** 2016. [http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com\\_content&task=viewMateria&id=2395](http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com_content&task=viewMateria&id=2395). Acesso em 12 de dezembro de 2017.

Fernandes, A. **ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MOTOR DIESEL COM A UTILIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL OBTIDO A PARTIR DO REUSO DE ÓLEO VEGETAL**. Universidade Metodista de Piracicaba Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. 2012. Acesso em 12 de dezembro de 2017.

Fernando, R. Disponível em <http://agendapesquisa.com.br/matriz-energetica/>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **"Gás Natural"**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-gas-natural.htm>>. Acesso em 18 de outubro de 2017.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "**Refinarias de Petróleo**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/refinarias-petroleo.htm>>. Acesso em 27 de novembro de 2017.

Ferreira, F, E, B. **REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A EVOLUÇÃO DO MOTOR DIESEL, SUAS APLICAÇÕES PRÁTICAS E MELHORIAS NA QUESTÃO AMBIENTAL**. Universidade Federal Rural do Semi-Arido Campos Angigos. Angigos, Rio Grande do Norte, 2013. Acesso em 27 de novembro de 2017.

FREITAS, Eduardo de. "**Nafta**"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografifederala/naftacombustivel.htm>>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

GASMIG. (2016). Disponível em <http://www.gasmig.com.br/Noticias/Paginas/GASMIG-e-Bosch-apresentam-picape-com-tecnologia-Dual-Fuel---Diesel--mais-GNV.aspx>. Acesso 29/03/2019.

GASMIG. (2019). Disponível em (<http://www.gasmig.com.br/NossosServicos/GNCeGNL/Paginas/default.aspx>). Acesso 29/03/2019.

GASNET. Disponível em [http://www.gasnet.com.br/gnv/abastecendo\\_gnv.asp](http://www.gasnet.com.br/gnv/abastecendo_gnv.asp). Acesso em 10 de abril de 2019.

GOUVÊA, C. P. de. **Postos de Abastecimento de Veículos para Gás Natural - Recomendações de Projeto**, IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, 7o Seminário Internacional em Gás Natural, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

Landirengo (2009). Disponível em [http://www.landirengo.com.br/pt/?target=sistemas\\_interno&sid=1&uid=68&cid=15](http://www.landirengo.com.br/pt/?target=sistemas_interno&sid=1&uid=68&cid=15). Acesso 12/03/2019.

HEYHOOD, J, B. **Internal combustion engine fundamentals**. 1st. ed. New York; McGraw – Hill, Inc, 1988. 930 p.

Maia G. Troia Gas – GNV – Ecologia. Disponível <https://troia.com.br/ecologia.html>. Acesso em 01 de dezembro de 2017.

**MAN** (marca de caminhões e ônibus do grupo Volkswagen) <https://diariodotransporte.com.br/2017/10/16/ambev-vai-utilizar-caminhao-eletrico-man-eletra-ja-em-2018/>. Acesso em 01 de dezembro de 2017.

**Ministério das minas e Energia.** Disponível em <http://www.mme.gov.br/>. Acesso em 25 de outubro de 2017.

MONTEIRO, J. V. F.; SILVA, J. R. N. M. **Gás Natural aplicado à indústria e ao grande comércio.** São Paulo: Blucher, p 181, 2010.

Nobres do Grid. Disponível em <http://www.nobresdogrid.com.br/site/>. Acesso em 18/10/2017.

ORLANDO, A. F., NEWSOM, J., “**Conversão de Motores Diesel para Operação com combustível Dual Diesel Gás Natural:** Avaliação de Desempenho de Ônibus Urbanos”, 7th Brazilian Congresso f Engineering and Thermal Sciences – ENCIT, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

PLETCHER, H., (1998), “**Some Compression Ratio History**”, texto de Howard Pletcher, Howteron Products Scout Parts. Disponível em [www.digest.net/ihc/archive/v6/msg06751.htm](http://www.digest.net/ihc/archive/v6/msg06751.htm).

CHALLENGEN, B.; BARANESCU, R. **Diesel engine reference book.** 2nd. ed. Oxford: Butterworth Heinemann, v. 682, 1999.

**PROCONVE,** Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/163/\\_arquivos/proconve\\_163.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf). Acesso em 04 de dezembro de 2017.

RIBEIRO, A. “**O que é matriz energética?**”; *Brasil Escola.* Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-matriz-energetica.htm>. Acesso em 26 de outubro de 2017.



REVISTA CARGA PESADA. (2013). Disponível em <https://cargapesada.com.br/2013/07/03/caminhao-movido-a-gas-esta-em-testes-2/>. Acesso 29/03/2019.

SALGADO, M. (2012). Disponível em <https://www.shopcar.com.br/noticias/conhe-a-como-funciona-o-sistema-flex-diesel-gnv/07-05-2012/7242>. Acesso 12/03/2019.

SALGADO, M. (2012). Conheça como funciona o sistema flex diesel-GNV. Disponível em <https://www.shopcar.com.br/noticias/conhe-a-como-funciona-o-sistema-flex-diesel-gnv/07-05-2012/7242>. Acesso em 26 de outubro de 2017.

**Sala de física.** Disponível em <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/diesel.html>. Acesso em 01 de novembro de 2017.

Silva, M, V, I. **Efeitos do uso do biodiesel sobre propriedades do óleo lubrificante usado em um motor de ignição por compressão.** Dissertação apresentada à Escola de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA. C. (2018). <https://noticias.bol.uol.com.br/ultimas-noticias/economia/2018/08/03/scania-lanca-caminhoes-mais-limpos.htm>. Acesso 12/03/2019.

Souza. R.G. e Silva G. B. **Motores de combustão interna.** Disponível em [http://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/portais/livros/pdfs\\_demo/Motores\\_de\\_Combustao\\_Interna\\_demo.pdf](http://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/portais/livros/pdfs_demo/Motores_de_Combustao_Interna_demo.pdf). Acesso em 04 de dezembro de 2017.

TAVARES, A, L, de L. **O GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E A CONTRIBUIÇÃO DO PRÉ-SAL NO FORNECIMENTO DESTE IMPORTANTE COMBUSTÍVEL.** Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

Tavares. L. (2013). Disponível em <http://brasilcaminhoneiro.com.br/mercedes-benz-avanca-nos-testes-com-motor-bicombustivel/>. Acesso 03/04/2019.

Takar. T. (UOL, 2018). Disponível em <https://namidia.fapesp.br/gas-natural-em-caminhao-economizaria-r-1-em-vez-de-r-046-o-que-impede/162788>. Acesso 12/03/2019

TAKAR. T. (UOL, 2018). Disponível em <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2018/08/04/caminhao-gas-natural-mais-economico-diesel.htm>. Acesso 12/03/2019.

TAKAR. T. (UOL, 2018). Disponível em <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2018/10/30/citrosuco-e-scania-iniciam-testes-com-caminhao-movido-a-gas-natural-em-sp.htm>. Acesso 12/03/2019.

TREBIEN. H. M. Grupo GMV. Email: [gmv@gmvconsultoria.com.br](mailto:gmv@gmvconsultoria.com.br). 2018.

VIVIAN M. K. **ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO DA SUBSTITUIÇÃO DO DIESEL POR GÁS NATURAL VEICULAR EM ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Instituto de Economia Monografia de Bacharelado (2006).

Xavier, A. 2016 **Diretor de engenharia da FPT Industrial na América Latina**. Acesso em 12 de dezembro de 2017.

G1. (2017). Disponível em [www.g1.globo.com/carros/noticia/caminhao-eletrico-desenvolvido-no-brasil-e-apresentado-na-alemanha.ghtml](http://www.g1.globo.com/carros/noticia/caminhao-eletrico-desenvolvido-no-brasil-e-apresentado-na-alemanha.ghtml). Acesso em 04 de dezembro de 2017.