

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS – FEAMIG**

**ILDEFONSO SANTANA**

**EMISSÃO DE GASES POLUENTES POR DESCARGA DE VEÍCULOS  
DO CICLO DIESEL PROVOCADORES DE DETERIORAMENTO DO  
MEIO AMBIENTE: BUSCA DE SOLUÇÕES PARA AMENIZAR OU  
CONTROLAR O PROBLEMA**

Belo Horizonte  
Novembro – 2012

ILDEFONSO SANTANA

**EMISSÃO DE GASES POLUENTES POR DESCARGA DE VEÍCULOS DO CICLO  
DIESEL PROVOCADORES DE DETERIORAMENTO DO MEIO AMBIENTE:  
BUSCA DE SOLUÇÕES PARA AMENIZAR OU CONTROLAR O PROBLEMA**

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais  
– FEAMIG, como requisito parcial para obtenção do título de  
Especialista em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Gestão e Tratamento de Efluentes  
Orientadora: Prof M.sc. Fabiano Baroncelli

Belo Horizonte  
Novembro – 2012

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho em primeiro lugar a Deus, minha fonte de sustento e de paz.

Ao meu pai, em memória, e à minha mãe, pelo exemplo de vida, carinho e dedicação.

Ao meus professores, pelo apoio, carinho e compreensão constante.

E em especial ao meu amigo Moisés Cardoso, pela paciência e o convite para a participação do curso.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me concedido vida e saúde.

Ao professor Fabiano Baroncelli, pela acolhida como seu orientando, em meio ao processo de realização desse trabalho, e também à professora Maria de Lurdes, pela dedicação e carinho no processo de instrução e confecção desse trabalho.

Aos demais professores, pela dedicação, eficiência e principalmente, paciência.

A todos aqueles que estiveram presentes nesta caminhada.

Enfim, a todos que contribuíram, toda minha gratidão!

*O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer.*

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo, a busca de métodos que garantam que a população belorizontina e sua região metropolitana possam respirar um ar de boa qualidade. Através de uma exposição do problema, tal como ele ocorre nas rodovias de Belo Horizonte e em sua região metropolitana, buscamos apresentar atividades que possam melhorar a qualidade do óleo diesel, aduzindo propostas de amenização e controle dos agentes poluentes. A pesquisa foi desenvolvida mediante exame documental minucioso, sendo esta exploratória e explicativa, com uso de documentos impressos, dispostos em materiais já publicados, constituídos basicamente de livros, artigos de periódicos, bem como através de informações disponibilizadas na Internet, utilizando-os como instrumentos de coleta, delimitação e análise de dados. Observa-se o alcance de parte do objetivo já com o lançamento dos BRTs, como forma de se diminuir o trânsito de 800 ônibus na área central de Belo Horizonte e também o lançamento do novo óleo diesel, com menos enxofre em sua constituição, que já esta em uso na frota operante de ônibus e caminhões na grande Belo Horizonte.

**Palavras- chave:** Meio Ambiente, qualidade do ar, poluição, gases tóxicos, motores diesel.

## **ABSTRACT**

This work aims to search for methods that can ensure that the population from Belo Horizonte city and its metropolitan area may be breathing an air of good quality. Through an exposition of the problem as it occurs on the highways of Belo Horizonte and its metropolitan area, seeking to present activities that can improve the quality of diesel oil, thereby adducting proposals for mitigation and control of pollutants. This research was developed through detailed document review, which is exploratory and explanatory using printed documents, arranged on material already published, consisting primarily of books, journal articles and information available through the Internet, using them as tools for collecting, and delimitation data analysis. We can observe the range part of the goal with the already launched BRT, as a way to decrease the transit of 800 buses in downtown of Belo Horizonte and also the launch of the new diesel with less sulfur in its constitution that is already in use in the operating fleet of buses and trucks in surrounding territories in Belo Horizonte.

**Keywords:** Environment, air quality, diesel oil, pollution, toxic gases.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS:

<b>Figura 1</b> – Óleo diesel.....	19
<b>Figura 2</b> – Vendas de diesel no Brasil.....	21
<b>Figura 3</b> – Origem do óleo diesel movimentado no Brasil.....	24
<b>Figura 4</b> – Ciclo diesel – diagrama P-V.....	24
<b>Figura 5</b> – Ciclo diesel – diagrama T-S.....	25
<b>Figura 6</b> – Estação a ser construída no ramal Santos Dumont/Paraná.....	31
<b>Figura 7</b> – Escala Ringelmann.....	36
<b>Figura 8</b> – Opacímetro – JPG – 400x360.....	38
<b>Figura 9</b> – Opacímetro – JPG – 550x411.....	39
<b>Figura 10</b> – Opacímetro – 2 JPG – 310zx252.....	40
<b>Figura 11</b> – Banner – Opacímetro Bosch 300x400.....	40
<b>Figura 12</b> – Opacímetro original JPG.....	41
<b>Figura 13</b> – Emissão de fumaça por cano de descarga.....	54
<b>Figura 14</b> – Emissão de fumaça por cano de descarga de ônibus.....	55
<b>Figura 15</b> – Modelo espacial da molécula de inoleato de metila ou éster do ácido moléio.....	59
<b>Figura 16</b> – Modelo espacial da molécula de esterato de etila ou éster de etila do ácido esteárico.....	59
<b>Figura 17</b> – Autocarro movido por biodiesel.....	60
<b>Figura 18</b> – Amostra de biodiesel.....	66

### GRÁFICOS:

<b>Gráfico 1</b> – Dados do Programa Operação Oxigênio.....	49
<b>Gráfico 2</b> – Dados do Programa Oxigênio – Fiscalização 2010.....	49



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores  
ANP – Agência Nacional de Petróleo  
BHTRANS – Empresa de transportes e trânsito de Belo Horizonte S.A  
BRT – *Bus Rapid Transit*  
CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais  
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito  
DER-MG – Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais  
DETRAN-MG – Departamento de Trânsito de Minas Gerais  
FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente  
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PBH – Prefeitura de Belo Horizonte  
PMMG – Polícia Militar de Minas Gerais  
PRONAR – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar  
PRONCOVE – Programa de Controle de Poluição de Ar por Veículos Automotores  
PCPV – Plano de Controle de Poluição Veicular  
SMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente  
SUS – Sistema Único de Saúde  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	Problema de pesquisa	13
1.2	Justificativa	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
3.1	O que é óleo diesel?	18
3.1.1	Utilização do óleo diesel	19
3.1.2	Características do óleo diesel	20
3.1.3	Óleo diesel no Brasil	20
3.1.4	Mudanças de padrão do óleo diesel utilizado no Brasil	22
3.2	Descoberta do motor ciclo diesel	24
3.2.1	Funcionamento de motores ciclo diesel e termodinâmica	24
3.2.2	Funcionamento mecânico	26
3.3	Diesel menos poluente passa a ser obrigatório	26
3.3.1	Diesel s50	27
3.3.2	Petrobras garante Diesel s50	27
3.3.3	ARLA 32	29
3.3.4	Proncove P-7	30
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>34</b>
4.1	Métodos utilizados para verificação do índice de emissão de fumaça de veículos movidos por motores diesel em Belo Horizonte	35
4.1.1	Escala de Ringelmann	36
4.1.2	Opacímetro	36
4.1.2.1	Opacímetro analisador de fumaça diesel	38
4.1.2.2	Opacímetro & Mildot	39
4.1.2.3	Opacímetro Napro art 104	40
4.1.2.4	Opacímetro Bosch	40

4.1.2.5 Opacímetro analisador de fumaça diesel.....	41
4.2 O que é poluição atmosférica?.....	42
4.2.1 Controle das emissões de gases tóxicos.....	42
4.2.2 A inspeção.....	46
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
5.1 Métodos para coibir os excessos de emissões de fumaça dos veículos a diesel.....	46
5.1.1 Multa para empresas de ônibus poluidoras do ar.....	46
5.2 Controle dos grandes vilões da poluição atmosférica.....	48
5.3 Desafios a serem superados.....	51
5.4 Secretaria da saúde no combate à fumaça emanada das descargas dos veículos movidos por motores do ciclo diesel e ciclo Otto.....	52
5.4.1 Alerta da Secretaria Mundial da saúde (SMS).....	53
5.4.2 Internações geram custo de R\$ 2,1 milhões aos cofres públicos.....	56
5.5 Apresentação de fonte alternativa de energia que é menos poluente do que combustíveis fósseis.....	57
5.5.1 Biodiesel.....	58
5.5.2 Vantagens e desvantagens do biodiesel.....	61
5.5.3 Aplicações.....	63
5.5.4 Antecedentes históricos.....	63
5.5.5 Propriedades.....	67
5.5.6 Processo de fabricação.....	67
5.5.7 Composição química do biodiesel.....	67
5.5.8 Programa biodiesel no Brasil.....	68
5.5.9 Importância estratégica do biodiesel no Brasil.....	68
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho busca expor o direito das pessoas de respirar um ar puro e sadio que é garantido a todos. O presente trabalho restringe-se a uma análise da cidade de Belo Horizonte e região metropolitana.

Para termos um meio ambiente ecologicamente balanceado, pensando, principalmente, na saúde, é atribuída a todas as entidades federativas, a competência administrativa para praticarem atos na esfera da proteção ambiental e, conseqüentemente, a preservação da qualidade do ar.

No que diz respeito à competência legislativa, ela é concorrente, cabendo à União fixar normas gerais, o que não exclui eventual competência supletiva dos Estados diante da inexistência de lei federal.

É importante observar que a concentração de determinados poluentes está diretamente relacionada aos efeitos nocivos à saúde humana.

Nesse sentido, padrões de qualidade do ar são estabelecidos em conformidade com o disposto no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, representando um grande avanço em termos de qualidade ambiental. Atualmente, a poluição atmosférica representa um dos maiores problemas das grandes metrópoles.

Assim como as emissões de gases tóxicos das fontes fixas de poluição, foram controladas por intermédio de instrumentos preventivos, como o licenciamento e do zoneamento ambiental que foram usados como meios eficazes para esta dinâmica. Também é propósito deste trabalho apresentar propostas para a busca de opções que minimizem as emissões dos gases tóxicos, emanados no meio ambiente, pelas fontes móveis de poluição, em particular os veículos movidos por motores do ciclo Otto e Diesel, que respondem, atualmente, por cerca de 90% das emissões produtos tóxicos que poluem o ar das grandes cidades.

Com a enorme evolução do sistema de transporte de passageiros e de carga, realizado principalmente por ônibus e caminhões, em Belo Horizonte e em suas áreas metropolitanas, torna-se notório que este segmento requer cada vez mais cuidados no que se tange ao controle dos gases poluentes emitidos pelos veículos de motores do ciclo Diesel e Otto, especificamente, os do ciclo Diesel, pois o meio

ambiente é, sem dúvida, o patrimônio mais importante da humanidade, e sem ele, nada sobrevive, devendo, desta forma, ser resguardado a qualquer preço.

### 1.1- Problemas de pesquisa

O transporte de pessoas e de mercadorias sempre esteve associado à geração de alguma forma de poluição, seja atmosférica, sonora ou pela intrusão visual nos centros urbanos, independente do modal predominante.

Mesmo na época do transporte com a tração animal, os poucos centros urbanos do mundo sofriam com o excesso de dejetos animais nas vias, que causavam sujeira e mau cheiro.

Na era do transporte motorizado, o nível de organização e controle das atividades de transporte público, privado e de cargas e a intensidade de utilização do transporte individual pela população são condicionantes importantes para se explicar os diferentes índices de poluição<sup>1</sup> veicular, observados em cidades com características demográficas semelhantes (CARVALHO, 2011).

Patrick Geedes, escocês, considerado o pai da Educação ambiental, já expressava sua preocupação com os efeitos da Revolução Industrial, iniciada em 1779, na Inglaterra, pelo desencadeamento do processo de “urbanização e suas consequências para o ambiente natural”. (DIAS, 2006).

De acordo com a Lei de LAVOISIER, que diz “na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” pode-se então chegar à seguinte definição: em qualquer sistema físico ou químico, nunca se cria, nem se elimina matéria, apenas é possível transformá-la de uma forma em outra.

Assim, não se pode criar algo do nada, nem transformar algo em nada. Logo, tudo que existe provém de matéria pré-existente, só que em outra forma, assim como tudo o que se consome, apenas perde a forma original, passando a adotar outra.

Tudo se realiza com a matéria que é proveniente do próprio planeta, havendo apenas a retirada de material do solo, do ar ou da água, o transporte e a utilização

---

<sup>1</sup> De acordo com (CARVALHO, 2011), poluição atmosférica esta associada aos resíduos emitidos na atmosfera pelos escapamentos dos veículos; a poluição sonora refere-se a os ruídos gerados pelos veículos; e a intrusão visual refere-se à degradação da paisagem urbana.

desse material para a elaboração do insumo desejado, sua utilização para a população e, por fim, a disposição na Terra, em outra forma, podendo muitas vezes ser reutilizado.

Devido aos fatores expostos, observa-se que, já no passado, Patrick Gueedes projetava a degradação descomedida do Meio Ambiente em todos os aspectos, fato este que constatamos na atualidade.

Em virtude desta questão não ter sido tratada no passado pelos precursores da Revolução Industrial capitalista, que só observavam seus ganhos financeiros e o poder que poderiam alcançar com ele; enfrentamos, hoje, os infortúnios públicos ambientais gerados por este progresso inadequado das indústrias, principalmente, da automobilística, e a recompensa que a humanidade teve com isto foi à degradação e depredação do meio ambiente. Inúmeras doenças respiratórias e cardiovasculares, devido à péssima qualidade do ar que respiramos causada pelas enormes emissões de fumaças tóxicas que são lançadas na atmosfera, pelas chaminés das usinas e, principalmente, pelos veículos automotores. Isso pode ser observado cotidianamente em Belo Horizonte e região Metropolitana, bem como em Minas Gerais, no Brasil e no mundo.

É fato também que temos somente meios para retardar as consequências finais do uso dos combustíveis na proliferação do progresso, pois todos eles, de alguma forma, trazem danos para o Meio Ambiente. Uns têm efeitos mais graves e rápidos e outros são mais lentos, mas todos levam de alguma forma à destruição da natureza, ou seja, da flora e da fauna, bem como da vida dos seres humanos.

O aumento alarmante da frota de veículos em Belo Horizonte, que na última década passou de 655 mil, em 2000, para quase 1,3 milhão em 2010, criou uma preocupação com o meio ambiente.

Essa enorme frota emite no ar, todos os dias, uma quantidade bastante significativa de gases tóxicos pelas descargas dos veículos.

Dentre os 10 municípios de Minas Gerais, com frota que ultrapassa a casa de 100 mil veículos, três fazem parte dos 33 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH): a capital, com 1.253.773; Contagem, com 221.062; e Betim, com 108.837 (DENATRAN, 2010).

A frota licenciada em Belo Horizonte – cerca de 20% da frota de Minas Gerais – apresenta movimentos pendulares com municípios vizinhos, dentre os quais se

destacam, pelo número de veículos: Contagem e Betim (CAMARGOS, BERENSTEIN E SOUZA, 2005).

Os três municípios constituem uma área de ocupação urbana contínua, densamente povoada e, juntos, detêm aproximadamente um quarto (24,2%) de toda frota circulante do Estado.

Inúmeras pesquisas alertam que os diferentes tipos de poluentes emanados pelos escapamentos dos veículos na atmosfera são as principais causas da degradação da qualidade do ar, nos grandes centros urbanos.

A situação que mais incomoda o poder público é a dos caminhões e ônibus, pois, além de circularem por mais tempo do que os automóveis nas vias urbanas, uma enorme parte deles não recebe manutenção adequada.

Nesse sentido, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente reprova, em média, 6% dos veículos a diesel que são fiscalizados na Operação Oxigênio, que analisa e avalia os poluentes expelidos pelos escapamentos dos veículos que passam pela fiscalização.

## **1.2- Justificativa**

A quantificação relativa das fontes móveis de emissão dos principais poluentes é fundamental para a formulação das políticas públicas ambientais e de gestão de transporte e trânsito, que busquem resultados mais efetivos no controle das emissões, focando nos maiores agentes poluidores. (CARVALHO, 2011).

A possibilidade de se lançar um novo olhar sobre o controle das emissões de gases poluentes na atmosfera pelas fontes móveis do ciclo Diesel e Otto, mais especificamente do ciclo Diesel, deve ser tratada como algo inerente à vida; um direito adquirido por todas as pessoas, em todos os lugares; como um exercício de cidadania. O que é confirmado pela legislação no artigo 225 da Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu capítulo VI, que demonstra o direito de se respirar um ar puro e sadio, sendo uma garantia de todos.

A busca por meios viáveis e plausíveis para se encontrar soluções que possam minimizar e controlar este mal, que aterroriza e ameaça a existência, não só da humanidade, mas também do planeta, tornou-se um desafio para os pesquisadores da área.

O controle dos gases poluentes da atmosfera é uma questão muito mais ampla do que parece, embora os órgãos governamentais de Minas gerais bem como dos demais estados e municípios confederativos brasileiros, já estejam empenhados para a pesquisa de possibilidades que possam amenizar tais problemas.

A determinação da quantidade comparativa das fontes móveis de emissão dos principais poluentes é essencial para a aplicação e viabilização das políticas públicas ambientais e de gestão de transporte e trânsito, que examinem os resultados mais efetivos no controle das emissões, que são concentradas nos maiores agentes poluidores.

Portanto, o processo de elaboração de pesquisas que visam à minimização das emissões de gases poluentes oriundos de veículos, tanto do ciclo Diesel como do ciclo Otto, com ênfase para as fontes móveis do ciclo diesel, especificamente ônibus e caminhões que transitam livremente nas ruas, avenidas, estradas e rodovias, de Belo Horizonte e sua região metropolitana, é importante e urgente.

Busca-se, assim, garantir ao cidadão o direito de respirar um ar puro, conforme é preconizado na Constituição brasileira, de 1988, em seu art. 225, capítulo VI.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1- Objetivo geral**

Buscar métodos que possam garantir que a população belorizontina e da região metropolitana possa respirar um ar de boa qualidade.

### **2.2- Objetivos específicos**

- ▶ Apresentar o problema tal como ele ocorre nas rodovias de Belo Horizonte e em sua região metropolitana;
- ▶ Apresentar atividades que possam melhorar a qualidade do óleo diesel;
- ▶ Apresentar propostas de amenização e controle dos agentes poluentes.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Protocolo de Quioto, assinado e ratificado pelo Brasil, estabelece que os países desenvolvidos signatários tenham um prazo até 2012 para reduzir as emissões de gases do efeito estufa em cerca de 5%, em relação ao total observado em 1990, o que trará grandes responsabilidades ao setor de transporte (CARVALHO, 2011).

Apesar de o país não fazer parte do Anexo I do Protocolo, sempre foi muito cobrado para reduzir suas emissões de GEE, além de poder se beneficiar dos mecanismos criados de financiamento externo a projetos de mitigação das emissões realizados em território brasileiro (CARVALHO, 2011).

Neste capítulo, foi feita uma descrição sobre os itens inerentes ao problema que a população de Belo Horizonte e sua região metropolitana enfrentam com as emanações de fumaça pelas descargas de ônibus e caminhões que transitam constantemente em suas ruas, avenidas, rodovias em questão, destacando-se os termos relacionados com o processo de busca de soluções para o controle deste enorme problema que tanto inquieta a humanidade e tem destruído o planeta.

#### 3.1- O que é óleo diesel?

No que tange as emissões de SO<sub>x</sub>, que interferem também nas emissões de material particulado, foram adotadas medidas importantes nos últimos anos, pelo Brasil. A Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) que distribuía diesel nas grandes metrópoles brasileiras com até 2000 ppm de enxofre (partes por milhão), hoje, vende o diesel S500 com 500 ppm de enxofre, e já está distribuindo em algumas cidades o diesel S50 que possui 50 ppm de enxofre, mas, por enquanto, apenas para a frota cativa de ônibus urbanos (CARVALHO, 2011).

O nível baixo do teor de enxofre no diesel vai permitir aos veículos comerciais utilizarem equipamentos pós-tratamento de gases, que irão reduzir ainda mais as emissões dos poluentes. O enxofre é responsável pela formação das chuvas ácidas que poluem rios, lagos, florestas e plantações, além de degradar os imóveis urbanos (CARVALHO, 2011).

O óleo diesel (em Portugal e no Brasil) ou gasóleo (só em Portugal) é um derivado da destilação do petróleo bruto usado como combustível nos motores Diesel, constituído basicamente por hidrocarbonetos.

O óleo diesel é um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio. O diesel é selecionado de acordo com suas características de ignição e de escoamento, adequadas ao funcionamento dos motores ciclo diesel. É um produto pouco inflamável, medianamente tóxico, pouco volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico. Recebeu este nome em homenagem ao engenheiro alemão Rudolf Diesel, que inventou um meio mecânico para explorar a reação química originada da mistura de óleo e do oxigênio presente no ar.

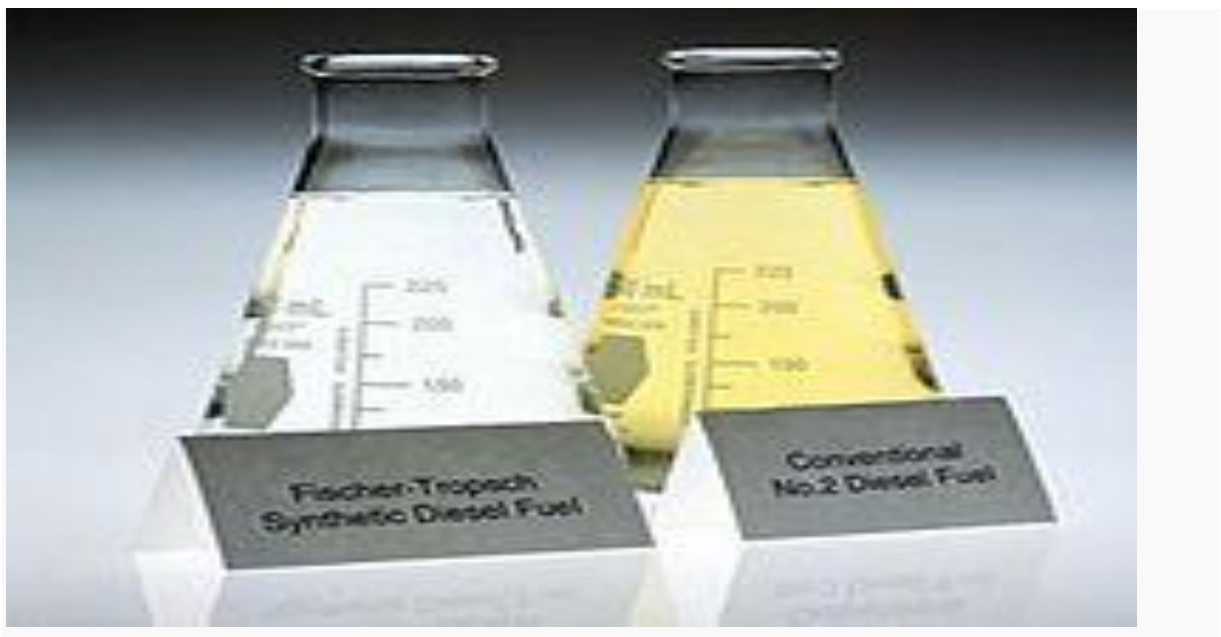


Figura 1 - Óleo diesel  
Fonte: Wikipédia (2012)

### 3.1.1 Utilização do óleo diesel

Pelo fato de uma mistura de diesel com o ar produzir uma forte explosão quando comprimida, tal reação passou a ser utilizada para gerar energia e movimentar máquinas e motores de grande porte. Esses motores são conhecidos como motores do ciclo diesel. Tais motores são empregados nas mais diversas aplicações, tais como: automóveis de passeio, furgões, ônibus, caminhões,

pequenas embarcações marítimas, máquinas de grande porte, locomotivas, navios e aplicações estacionárias (geradores elétricos, por exemplo).

Em função dos tipos de aplicações, o óleo diesel apresenta características e cuidados diferenciados para conservar sempre o mesmo ponto de fulgor e não fugir dos padrões de ignição pré-estabelecidos por essa tecnologia. Porém, em alguns países, essa regra vem sendo descumprida e já é costume, o governo permitir a mistura de outras substâncias no óleo diesel.

Apesar de em veículos motorizados a utilização de gásóleo (óleo diesel) ser mais poluente para o meio ambiente, devido à sua composição química, esta oferece mais segurança na prevenção de incêndios e/ou casos de perigo de fogo. Isto porque este combustível apenas é inflamável pelo fogo, se estiver sob altíssimas temperaturas ou altíssimas pressões.

### **3.1.2- Características do óleo diesel**

A densidade do diesel de petróleo é de cerca de 0,832 kg/L, que é maior do que a gasolina em 12%. Cada litro, quando queimado, oferece um valor de energético de 35,86 MJ (que também é maior do que da gasolina, que é de 32,18 MJ/L) e liberta 2,6 Kg de CO<sub>2</sub> (também convenientemente, expresso na forma de 1 litro/100km = 26.5 g/km CO<sub>2</sub>, usada para calcular as emissões dos veículos a diesel). Em 2011, motores turbo a diesel conseguiram eficiências da ordem 45% entre energia química e energia mecânica (Valor superior aos motores a gasolina que são 30%).

### **3.1.3- Óleo diesel no Brasil**

No Brasil, há predominância do transporte rodoviário, tanto de passageiros quanto de carga. Por esta razão, o óleo diesel é o derivado de petróleo mais consumido no país. O volume de óleo diesel vendido em 2009 representou 41% do volume total de derivados. O crescimento econômico nos últimos anos tem elevado substancialmente as vendas (Figura 2). Ainda assim, com a elevação da produção interna recente, houve redução no percentual da importação deste derivado, conforme mostra a Figura 3.

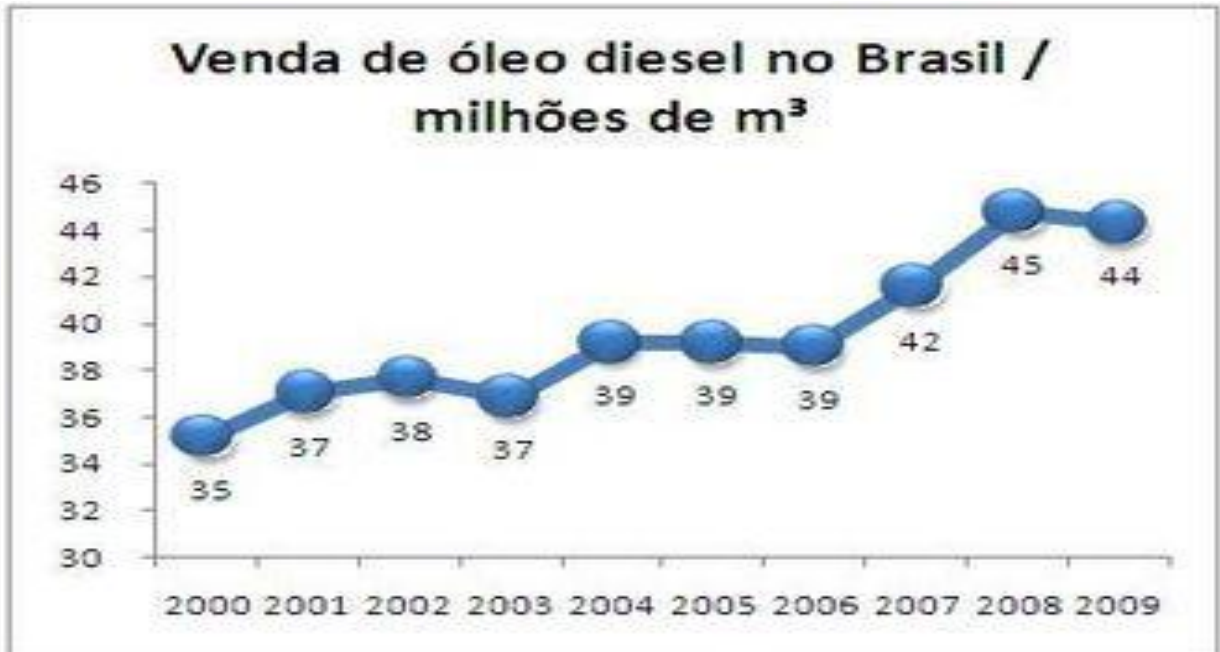


Figura 2 - Vendas de diesel no Brasil  
Fonte: Wikipédia (2012)

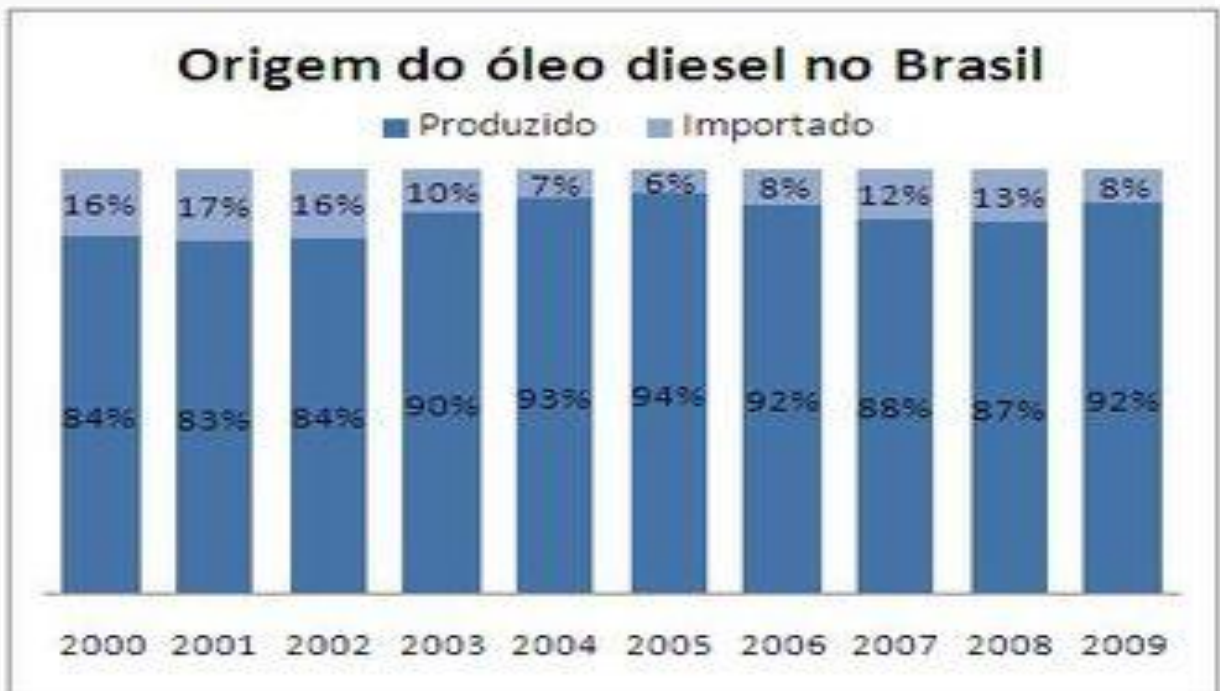


Figura 3 - Origem do óleo diesel movimentado no Brasil  
Fonte: Wikipédia (2012)

### 3.1.4- Mudanças de padrão do óleo diesel utilizado no Brasil

O problema das políticas de melhoria do diesel comercializado no Brasil é o aumento gradual do seu custo de produção e venda, segundo estudos da Fetranpor (NTU, 2008).

Resolução 315 do Conselho Nacional do meio Ambiente (Conama), assinada em 2002, dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle da poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE, mas, ao contrário do que se tem divulgado na imprensa brasileira, não cita o total de partes por partes por milhão (ppm) de enxofre para A especificação da qualidade do combustível somente ocorre com a publicação da Reso32 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), em outubro de 2007.

“O possível descumprimento da Resolução Conama 315, por parte das indústrias, será resolvido no âmbito do Ministério Público ou do Poder Judiciário”, informou o Ministério do Meio Ambiente em nota técnica.

Em outubro de 2009, foi publicada a resolução 6, de 16 de setembro de 2009, do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), estabelecendo o mínimo de 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final. O B5, que estava previsto em lei para começar a vigorar em 2013, será obrigatório em todo o território brasileiro, a partir de 1º de janeiro de 2010.

### 3.2- Descoberta do motor ciclo diesel

DIESEL, Rudolf Christian Karl (Paris, 18 de Março de 1858 — Canal da Mancha, 30 de Setembro de 1913) foi um engenheiro mecânico alemão, inventor do motor a diesel. É o segundo de três filhos de *Theodor* e *Elise Diesel*, imigrantes alemães (bávaros) na França. Diesel idealizou um dos mais importantes sistemas mecânicos da história da humanidade.

Diesel elaborou um motor a combustão interna a pistões que explorava os efeitos de uma reação química, um fenômeno natural, que acontece quando o óleo é injetado num recipiente com oxigênio, causando uma explosão ao se misturar.

Para conseguir controlar tal reação e movimentar uma máquina, foi necessária uma infinidade de outros inventos, como a bomba injetora, elaborar sistemas de múltiplas engrenagens e outros acessórios controladores para que a

pressão de liberação atuasse precisamente na passagem do êmbolo do pistão no ângulo de máxima compressão.

Diesel registrou a patente de seu motor-reator em 23 de Fevereiro de 1897, desenvolvido para trabalhar com óleo de origem vegetal.

O Engenheiro Rudolf Diesel chegou a esta descoberta quando estava fazendo aperfeiçoamento em máquinas a vapor.

Entretanto, em sua homenagem, foi dado ao produto oleoso mais abundante obtido na primeira fase de refino do petróleo bruto, o nome de diesel. Isso não quer dizer que todos os motores a injeção sejam obrigados a funcionar com óleo diesel, desde que regulem a pressão no sistema de injeção, um motor pode passar a funcionar com qualquer tipo de óleo, tanto pode ser de origem vegetal (como óleo de amendoim) ou animal (como é o caso da gordura de porco).

Em face de sua simplicidade e a enorme aplicação, o motor de pistões movidos à reação óleo-oxigênio, rapidamente penetrou nos lugares mais longínquos do planeta, revolucionando o mundo industrial e substituindo os dispendiosos sistemas mecânicos a vapor que, até então, movimentavam as locomotivas e os transportes marítimos por unidades geradoras diesel-elétrica.

Após negociar o seu invento, durante uma travessia do Canal da Mancha, o inventor morre em circunstâncias que jamais foram esclarecidas. Vários boatos sobre seu desaparecimento e morte circularam, e a imprensa deu grande cobertura ao fato.

Muitas suspeitas foram levantadas (acidente, suicídio, homicídio). Na noite de 29 de setembro de 1913, embarcou num barco a vapor em Antuérpia (Bélgica), rumo a Londres, (Reino Unido). Jamais chegaria ao seu destino. Duas semanas depois, um barco encontrou um cadáver próximo da costa belga. Roupas e objetos foram recolhidos e o corpo foi novamente lançado ao mar, procedimento normal da época. Em 13 de Outubro, Eugen Diesel reconheceu tais pertences como sendo de seu pai.

### 3.2.1- Funcionamento de motores ciclo diesel e termodinâmico

Para explicar o funcionamento de um motor Diesel, é preciso conhecer algumas características termodinâmicas referentes à teoria de máquinas térmicas, mais concretamente aos ciclos térmicos.

O ciclo Diesel representa, em teoria, o funcionamento do motor com o mesmo nome.

A realidade não difere muito deste modelo teórico, mas devido a variados fatores, o ciclo térmico não passará mesmo disso. Na prática, o funcionamento possui algumas diferenças.

Para o ciclo teórico, estão representadas nas figuras, as evoluções consonantes às propriedades analisadas. A figura 4 mostra a evolução, segundo a pressão e o volume específico; e a figura 5, a relação entre a temperatura e a entropia.

**Ciclo Termodinâmico**

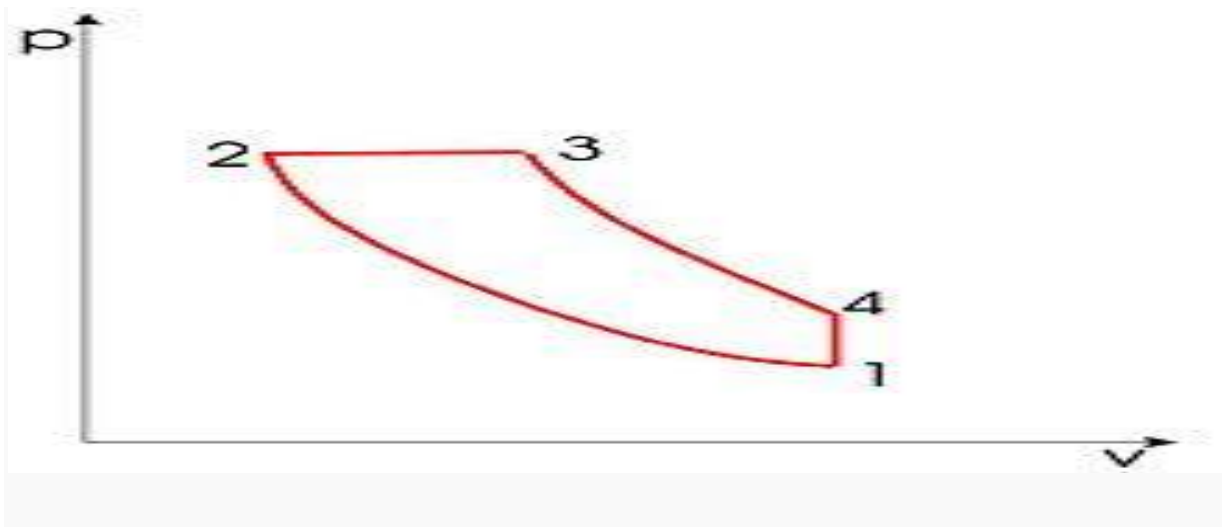
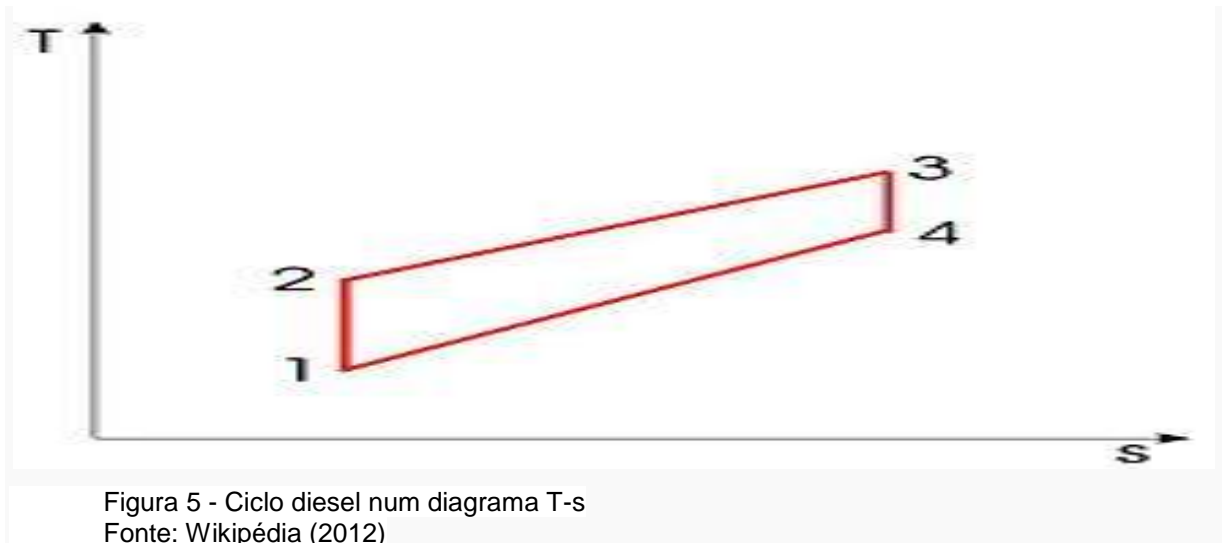


Figura 4 - Ciclo diesel num diagrama p-v  
Fonte: Wikipédia (2012)





Em ambos os casos, a evolução é:

- 1 → 2 : Compressão isentrópica →  $W_{1,2}$
- 2 → 3 : Fornecimento de calor à pressão constante (isobárico) →  $q_{2,3}$
- 3 → 4 : Expansão isentrópica →  $W_{3,4}$
- 4 → 1 : Cedência de calor a volume constante →  $q_{4,1}$

Trabalho de ciclo:  $W_{ciclo} = W_{1,2} + W_{3,4}$

Rendimento do ciclo:  $\eta = \left( \frac{W_{ciclo}}{q_{2,3}} \right)$  termo de compressão:

### 3.2.2- Funcionamento mecânico

Na maioria das aplicações, os motores a Diesel funcionam em quatro tempos. O ciclo inicia-se com o êmbolo no Ponto Morto Superior (PMS). A válvula de admissão está aberta e o êmbolo, ao descer, aspira o ar para dentro do cilindro. O êmbolo atinge o Ponto Morto Inferior (PMI) e inicia-se então, a compressão.

A temperatura do ar dentro do cilindro aumenta substancialmente, devido à diminuição do volume. Pouco antes do PMS, o combustível começa a ser pulverizado pelo ejetor em finas gotículas, misturando-se com o ar quente até que aconteça a combustão.

A combustão é controlada pela taxa de injeção de combustível, ou seja, pela quantidade de combustível que é injetado. O combustível começa a ser injetado

um pouco antes do PMS, devido ao fato de atingir a quantidade suficiente para uma perfeita mistura (ar + combustível) e, conseqüentemente, uma boa combustão.

A expansão começa quando o PMS do êmbolo, com a mistura (ar + combustível), estiver na proporção certa para a combustão espontânea, em que o combustível continua a ser pulverizado até momentos antes do PMI.

O ciclo termina com a fase de escape, em que o embolo retorna ao PMS, o que faz com que os gases de combustão sejam expulsos do cilindro, retomando assim o ciclo. No caso dos motores em dois tempos, o ciclo é completado a cada volta, a admissão não é feita por válvulas, mas sim por janelas.

### **3.2.3- Caracterização do trabalho**

As pessoas citadas neste trabalho operam no ramo do meio ambiente, portanto, serão um dos focos principais, bem como as literaturas e sites da internet que foram consultados.

Este segmento de prevenção exige dos veículos que sempre têm desgastes constantes, manutenções periódicas e preventivas, em que as peças desgastadas serão repostas.

O controle das emissões de poluentes na atmosfera está envolvido, de forma direta, nos setores de controle do meio ambiente dos governos (Federal, Estadual e Municipal), bem como das empresas privadas e proprietários de veículos particulares. Este interesse não é só da sociedade mineira, brasileira, mas também do mundo inteiro.

Soluções são diligenciadas para a resolução do problema e merecem todas as atenções e estudos possíveis, pois o caso deve ser considerado daqui para frente como uma prioridade da humanidade.

### **3.3- Diesel menos poluente passa a ser obrigatório**

No dia 1º de janeiro de 2012, começaram mudanças significativas na tecnologia dos veículos leves e pesados do ciclo diesel fabricados no País ou importados, quanto ao combustível a ser utilizado, em atendimento à nova fase do

Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PRONCOVE - P7).

A nova tecnologia tem como principal objetivo reduzir limites de emissões de gases poluentes.

### **3.3.1- Diesel s50**

Também em primeiro de janeiro, foi disponibilizado o óleo diesel, conhecido como S50, que está sendo utilizado nos novos veículos.

O S50 leva esse nome, pois tem 50 ppm (partes por milhão) de enxofre, o que deixa-o menos poluente.

Embora o óleo diesel S50 já esteja sendo introduzido gradativamente no país, desde 2009, sua distribuição tornou-se obrigatória em todas as regiões do Brasil, a partir de 1º de janeiro de 2012, sendo encontrado em qualquer ponto do país, em distância não superior a 100 km.

### **3.3.2- Petrobras garante Diesel s50**

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu, em 1986, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que se transformou num programa de sucesso com as participações da Petrobras e das montadoras de veículos, que desde o seu início, vêm trabalhando na sua execução.

Como exemplo de iniciativas desenvolvidas dentro do PROCONVE pela Petrobras, vale citar os investimentos já realizados para redução do teor de enxofre, a retirada do chumbo da gasolina e a construção de laboratórios de emissões veiculares no Centro de Pesquisas da Petrobras para testar os seus combustíveis.

O CONAMA, periodicamente, estabelece limites das emissões veiculares, que os veículos devem atender, através de resoluções. Esses poluentes são decorrentes da queima incompleta dos combustíveis, quer seja diesel, gasolina, álcool, biodiesel, gás natural.

Dentre eles, estão o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos e o material particulado.

Entendendo a importância do PROCONVE na melhoria da qualidade do ar, bem como no direcionamento do desenvolvimento tecnológico dos motores e combustíveis, a Petrobras solicitou ao IBAMA, em 1999, que fossem estabelecidos novos limites, já que a última normatização era de 1997.

Assim, em 2002, foi estabelecida a Resolução 315 do CONAMA, que definia um novo cronograma de limites de emissões a serem adotados até 2009.

No caso do diesel, foi estabelecido o limite de emissões P-6, equivalente ao Europeu Euro IV, para janeiro de 2009. Na ocasião, sabia-se que, na Europa, esses veículos deveriam utilizar um diesel com 50 partículas por milhão (ppm) de enxofre.

No entanto, a Petrobras não podia utilizar o diesel europeu como modelo, já que o combustível utilizado na região tem características próprias, decorrentes de fatores climáticos, tecnológicos, logísticos, outros.

Era preciso uma regulamentação das características do diesel S-50 brasileiro, que só foi feita em outubro de 2007, através de resolução da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e B combustíveis (ANP).

Nesse período, a Petrobras não aguardou inerte. Apostou num cenário de qualidade e começou a investir na tecnologia, antes mesmo da regulamentação da ANP.

No entanto, só pôde ter uma postura mais ativa após a regulamentação. Até 2013, a Petrobras terá investido 6 bilhões de dólares em unidades de hidrotreatamento, tecnologia necessária para que as refinarias produzam o diesel S-50 e S-10. Em breve, elas estarão em produção.

Em 2008, a Petrobras anunciou publicamente e em juízo, que forneceria o diesel especificado pela ANP, em janeiro de 2009, para os novos veículos diesel P-6. No mesmo ano, a ANFAVEA comunicou ao Ministério do Meio Ambiente que não teria tempo hábil para produzir os veículos com tecnologia P-6 na data marcada. Paralelamente, corria ação preventiva do Estado de São Paulo contra Petrobras/ANP e montadoras de veículos pelo suposto descumprimento da citada resolução.

No segundo semestre de 2008, a Procuradora do Ministério Público solicitou por quatro vezes uma liminar, para que a Petrobras fornecesse diesel S-50 para todos os veículos. Mas, na liminar, o juiz definiu que a Petrobras deveria fornecer o diesel somente para os veículos novos com tecnologia P-6.

A Petrobras já havia manifestado publicamente que atenderia a determinação. Entretanto, para o atendimento da resolução, eram necessários os novos motores.

Considerando que a resolução 315 não seria atendida, o Ministério do Meio Ambiente liderou uma série de reuniões para propor medidas alternativas que não prejudicassem a qualidade do ar. Nessas reuniões, ficou decidida a antecipação, para 2012, de uma nova fase de emissões, a P-7, equivalente à Europeia Euro 5.

Decidiu-se ainda que, como o assunto da Resolução 315 estava no âmbito da justiça, as propostas estudadas no Ministério do Meio Ambiente deveriam fazer parte de um acordo no Ministério Público Federal.

Assim, mesmo sem estar descumprindo a citada Resolução, face à liminar concedida pelo juiz, a Petrobras participou do acordo no Ministério Público, do qual participaram todas as entidades envolvidas no assunto.

Foi criado um grupo técnico com representantes da ANFAVEA, CETESB, IBAMA, MMA, ANP, Instituto do Meio Ambiente e alguns consultores independentes, para cálculo dos impactos ambientais pelo não atendimento da Resolução em janeiro de 2009 e os benefícios ambientais das medidas propostas.

No balanço final, foi obtido um benefício nas emissões de óxido de nitrogênio de mais de 8 milhões de toneladas.

### **3.3.3- ARLA 32**

Outra novidade é a necessidade da utilização, pelos novos veículos pesados, de um agente redutor veicular denominado ARLA 32. Trata-se de um produto à base de ureia, específico para aplicação veicular.

Esse produto não pode ser misturado ao óleo diesel. Os novos veículos pesados terão um tanque exclusivo para armazenar ARLA 32, identificado com tampa azul.

Na prática, a substância será injetada, em dosagem controlada, na saída dos gases do escapamento dos veículos, antes do catalisador. Seu objetivo é neutralizar as emissões de NOX e de materiais particulados.

O ARLA 32 se encontrará disponível nas principais redes de distribuição de combustível do Brasil, bem como nas concessionárias de veículos pesados. O Inmetro está pondo em prática o controle de qualidade em todas as fases de

produção, importação e distribuição desse produto. Assim, o consumidor somente deve adquirir ARLA 32 com o selo de garantia de qualidade do Inmetro.

### **3.3.4- PRONCOVE P-7**

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PRONCOVE) é uma iniciativa do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e é coordenado pelo IBAMA.

De acordo com os limites estabelecidos, a ANP, ouvida a indústria automotiva e de combustíveis, estabelece as especificações dos combustíveis compatíveis para atendimento aos limites de emissões preconizados pelo CONAMA.

### **3.4- Sistema BRT em Belo Horizonte**

O Sistema BRT que será implantado em Belo Horizonte, até no ano de 2013, terá como um dos principais objetivos tirar de circulação do centro da cidade 800 ônibus. Com isto, a população terá um enorme ganho na qualidade do ar, pois a frota de veículos movida a óleo diesel, que é responsável por uma grande parte dos gases tóxicos que são emanados na atmosfera, reduzirá significativamente. Contudo, os órgãos gerenciadores do Transporte e Trânsito terão uma dura missão, a de convencer os motoristas dos veículos particulares a trocarem o carro por coletivos e suprir a carência de um metrô insuficiente, por um transporte que ainda é desconhecido para maior parte da população.



Figura 6- Estação a ser construída no Ramal Santos Drumond/ Paraná  
Fonte: Jornal Estado de Minas (16 de novembro de 2011)

Um novo sistema está na eminência de mudar o aspecto de algumas das principais vias de Belo Horizonte, e chega com a missão de suprir as lacunas deixadas por um metrô deficitário, transformando assim completamente para melhor um dos aspectos mais críticos da cidade: que é a mobilidade urbana.

Se as linhas arquitetônicas das novas estações são novidade e as propostas de mudança ainda soam estranhas aos ouvidos de muita gente, pela capital, elas já mostram seus reflexos.

A requalificação viária lança as bases do BRT, ou *Bus Rapid Transit* (transporte rápido por ônibus, na sigla em inglês). O projeto está sendo preparado com a difícil missão de dar mais conforto aos passageiros, convencer motoristas a deixarem os carros nas garagens, para desafogar o centro de Belo Horizonte.

Nessa região, o BRT vai fechar as portas para cerca de 800 ônibus, apenas no horário de pico da manhã, uma redução de 24,25% no tráfego local.

Mais que isso: vai simplesmente proibir o tráfego de veículos de passeio em vias onde, hoje, o trânsito é frenético, como as avenidas Santas Dumont e Paraná.

### 3.4.1- As dúvidas deixadas pelo BRT

Inicialmente, dois corredores serão contemplados: o percurso das avenidas Antônio Carlos/Pedro I e o da Cristiano Machado, não por coincidência, pois as duas opções são de ligação do aeroporto de Confins com o Centro da cidade.

Serão 27 quilômetros de linha distribuídos nas duas avenidas e no centro de Belo Horizonte, nas avenidas Paraná e Santos Dumont.

O sistema tem como uma de suas vantagens um ônibus articulado (sanfonado) que pode transportar quase três vezes mais passageiros do que os convencionais.

As vias serão totalmente modificadas e terão pistas exclusivas para o BRT, ao longo das quais haverá 41 estações de embarque e desembarque. Na Área Central, as intervenções estão sendo licitadas. As propostas de obra viária e construção das estações foram entregues à Superintendência de desenvolvimento da capital (Sudecap).

Os ônibus terão portas à esquerda ou dos dois lados e vão dispor de piso nivelado às plataformas das estações. O pagamento da passagem ocorrerá antes, na área externa, o que facilitará o acesso aos coletivos, feito em tempo menor.

Todo o sistema será integrado às linhas municipais e metropolitanas. Será criado um conjunto de linhas alimentadoras que sairá dos bairros para levar os passageiros até as estações do BRT.

Foi criado também um plano de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte, que prevê uma rede de transporte estruturada por ônibus convencionais, articulados e metrô.

De acordo com o presidente da Bhtrans, Ramon Victor Cesar, em médio e longo prazo, a rede de BRTs será ampliada para toda a cidade. Há previsão para implantação nas avenidas Amazonas e Andradas.

No Eixo Sul, em direção ao Bairro Belvedere, há estudos em andamento para verificar se o modal é a melhor opção. O projeto das avenidas Pedro II/ Carlos Luz ficou para trás, sob a justificativa do alto custo das desapropriações.

Para a via, restou a proposta de faixas exclusivas para ônibus, nos moldes das adotadas na Nossa Senhora do Carmo. Será construída ainda a estação de integração São José, no bairro São José, nas proximidades do Anel Rodoviário.



“A Antônio Carlos e a Cristiano Machado foram escolhidas, porque ocorreu uma coincidência, que é Copa do Mundo, e esses corredores são caminho para estádio e para aeroporto Internacional Tancredo Neves, na cidade de Confins”. “Foi uma janela de oportunidades”, justifica o presidente da Bhtrans, garantindo que o novo modelo não vai afetar os custos da passagem.

Esse sistema de transporte coletivo vem sendo implantado em vários países, como Colômbia, Chile, México, África do Sul, China, Estados Unidos, Canadá, além de nações da Europa.

Na Colômbia, há cinco cidades operando o BRT e em outras duas, o sistema está em construção. A engenheira civil Monica Vanegas Betancourt, em workshop promovido em Belo Horizonte sobre o tema, disse que 20% dos motoristas colombianos deixaram de usar o carro particular depois da instalação do projeto.

Em Los Angeles (EUA), o público do transporte coletivo aumentou em 25% depois do BRT, segundo Ethan Arpi, da rede Embarq (grupo internacional de consultoria a governos e empresas sobre transporte e mobilidade).

## 4 METODOLOGIA

Conforme Pereira (2001), na pesquisa bibliográfica e de análise documental, o que se busca "é a redução de dimensionalidades, ou seja, após ter observado seu objeto em toda sua complexidade, interessa ao investigador ter uma perspectiva que lhe permita alguma conclusão para seu estudo".

A pesquisa foi desenvolvida mediante exame documental minucioso, sendo esta caracterizada como exploratória e explicativa, utilizando documentos impressos, dispostos em materiais já publicados, constituídos basicamente de livros, artigos de periódicos e através de informações disponibilizadas na Internet, como instrumentos de coleta, delimitação e análise de dados.

Assim, inicialmente foi feita uma leitura e análise dos materiais encontrados nas fontes supracitadas, de onde foi retirada a proposta da pesquisa.

Buscou-se então, desenvolver uma pesquisa baseada em informações de dados coletados do cotidiano, estando estes ligados à área de controle de emissões de gases poluentes emitidos no meio ambiente por descargas de veículos automotores, do ciclo Diesel, especificamente ônibus e caminhões que transitam livremente nas ruas, avenidas, estradas e rodovias de Belo Horizonte e sua região metropolitana.

Realizou-se, então, dentro das perspectivas existentes, um apanhado dos problemas com relação à produção de gases tóxicos, com o intuito de se buscar métodos que possam minimizar o problema e garantir à população o direito de se respirar um ar puro. Sendo que, para isto, foram apresentadas propostas que podem atender à demanda de emissões apresentada.

A investigação buscou, através dos procedimentos técnicos da Secretaria do Meio Ambiente, Bhtrans, DER/MG e Secretária da Saúde, fazer um trabalho de coleta dados bibliográficas, que serviu para documentar o desenvolvimento da pesquisa, obtendo informações coerentes com o objetivo do trabalho, que é a busca de métodos que possam garantir que a população belorizontina e de sua região metropolitana respire um ar de boa qualidade.

## **4.1 Métodos utilizados para verificação do índice de emissão de fumaça de veículos movidos por motores ciclo diesel em Belo Horizonte**

Para entendermos melhor o assunto, primeiro é importante conhecermos alguns conceitos. A palavra opacidade é definida como "o que não deixa passar a luz", ou seja, o que é opaco. Existem duas formas de se verificar a opacidade, através da Escala Ringelmann ou pelo Opacímetro.

### **4.1.1- Escala Ringelmann**

A Escala Ringelmann foi criada por volta de 1890, pelo professor Maximilian Ringelmann, e tinha o propósito de controlar a queima das caldeiras a vapor, através da observação da tonalidade da fumaça emitida pelas chaminés.

Conforme o que foi anunciado, este método é mais apropriado para se medir fumaça expelida por chaminés das indústrias.

Ela foi adotada pela indústria automobilística desde o surgimento dos veículos diesel. No Brasil, começou a ser usada para a conferência do índice de fumaça emitida pelas descargas de veículos movidos por motores de ciclo diesel, conforme ( Decreto "N" nº- 779, de 30 de janeiro de 1967).

A Escala de Ringelmann é uma escala para a comparação colorimétrica de fumaça, conforme defendido no item 3.6 da NB-225 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Ela tem cinco graduações de cores, indo do branco total ao preto, contendo entre elas, quatro variações de cinza. O branco total significa 0% e os tons de cinza, vão do mais claro nível 1 = 20% ao mais escuro nível 4 = 80%. O preto corresponde ao nível 5 = 100%. Até o momento, de acordo com a Resolução 510/77 do CONTRAN, o máximo permitido é o nível 2 = 40%.

Este equipamento pode não dar um resultado exato, pois depende de uma análise subjetiva. Sua interpretação está atrelada a vários fatores como calor, sol, dias nublados e, principalmente, à visão do operador. Cada ser humano pode ter uma interpretação diferente, ou seja, o que é cinza claro para um pode ser cinza escuro para outro.



Figura 7- Escala Ringelmann  
 Fonte: Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais (2012)

Devido às circunstâncias expostas, nota-se que este não é o método mais adequado para se fazer a análise das fumaças expelidas pelas descargas dos veículos, devido à margem de dúvidas, quando nas apurações e nos resultados finais.

Em decorrência destes fatores, foi desenvolvido por técnicos da área de aferições, um aparelho com precisão muito maior que independe desses fatores externos.

#### 4.1.2- Opacímetro

O opacímetro, diferentemente, do que muita gente imagina, não é um aparelho que mede a composição dos gases expelidos pelos escapamentos como o analisador de gases do ciclo Otto (CO, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, CO<sub>2</sub>). Através de uma sequência de acelerações previstas na norma NBR 10037, da ABNT, mede-se em uma câmara interna do equipamento, a quantidade de fumaça emitida pelo cano de descarga do veículo do ciclo Diesel.

Por intermédio de uma sonda coletora colocada no escapamento do veículo, a fumaça é conduzida para essa câmara, onde, numa das paredes, um canhão projeta um feixe de luz que deve atingir a parede oposta.

Quanto mais densa e escura for a fumaça, mais fraca a luz chegará à parede oposta, conseqüentemente, maior será o índice de opacidade.

De acordo com Celso Morila, gerente de Negócios da Tecnomotor – uma das empresas que fabrica e comercializa opacímetros no mercado brasileiro – além das limpezas periódicas, é recomendada uma aferição do aparelho a cada seis meses.

Morila explica ainda que, para os reparadores, o opacímetro é uma ferramenta de diagnóstico, pois qualquer anomalia existente no veículo, como um problema mecânico na bomba injetora ou nos dispositivos antipoluentes, certamente comprometera o resultado do teste do opacímetro.

A FEAM, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte e o Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG realizaram um estudo piloto de inspeção das emissões por amostragem da frota licenciada em Belo Horizonte (FEAM, 2005).

No período de 2003 a 2005, foram inspecionados, quanto às emissões de gases e fumaça preta (opacidade), cerca de 1500 veículos. Esse estudo indicou a frota de veículos pesados movidos por motores a diesel como sendo a que tem a pior condição de manutenção. O que significa que esta frota de veículos merece uma atenção redobrada por parte dos órgãos envolvidos em fazer o controle dos gases poluentes que são lançados na atmosfera, por intermédio de suas descargas. Buscando assim, a criação de projetos de manutenção periódicas destes automóveis, que poderão ser controlados com vistorias periódicas.

#### 4.1.2.1- Opacímetro analisador de fumaça diesel



Figura 8 - Opacímetro- JPG- 400 X 360 – Opacímetro analisador de fumaça diesel – EAM 3  
011 - 0 684 103 111

Fonte: [www.opacimetro.com.br](http://www.opacimetro.com.br)

#### Descrições:

- ▶ Destinado a medir o teor da fumaça emitida por motores diesel;
- ▶ Concepção moderna, com câmera óptica independente;
- ▶ Comprimento efetivo de 430 mm e tempo de amostragem de 1050 ms;
- ▶ Equipamento totalmente digital, fácil de utilizar;

Mede também:

- ▶ Temperatura do óleo do cárter;
- ▶ Tensão da bateria e rotação;
- ▶ As escalas utilizadas são % e Km (m-1).

Itens de fornecimento:

- ▶ Opacímetro EAM 3 011 - 0 684 103 111;
- ▶ Mangueira 1 680 707 100;
- ▶ Mangueira 1 680 712 195;
- ▶ Sonda Captadora 1 680 790 041;
- ▶ Cabo Conexão 1 684 465 391;
- ▶ Suporte para RTM 1 685 200 082;
- ▶ Sensor de Temperatura 1 687 230 045;
- ▶ Gabinete - 1 688 003 162.

#### 4.1.2.2- Opacímetro & Mildot



Figura 9 - Opacímetro- JPG - 550 X 411- Opacímetro & Mildot  
Fonte: [www.opacimetro.com.br](http://www.opacimetro.com.br)

#### 4.1.2.3 - Opacímetro Napro Art 104



Figura 10 -Opacímetro – 2 JPG – 310Z X 252 – Opacimetro Art. 104 – Napro  
Fonte: [www.mundoambiente.mg.br](http://www.mundoambiente.mg.br)

#### 4.1.2.4 - Opacímetro Bosch



Figura 11 - Banner + Opacímetro Bosch 300 X 400 – Opacímetro Bosch  
Fonte: [www.edsanart.blogspot.com](http://www.edsanart.blogspot.com)



#### 4.1.2.5 - Opacímetro analisador de fumaça diesel



Figura 12 - Opacímetro original. JPG – Analisador de fumaça diesel  
Fonte: [www.bodimac.com.br](http://www.bodimac.com.br)

#### 4.2- O que é poluição atmosférica?

Poluição atmosférica são as transformações susceptíveis da atmosfera que causam impactos em nível ambiental ou à saúde humana, através da contaminação por meio de gases tóxicos, partículas sólidas, líquidos em suspensão, material biológico ou energia.

A adição dos contaminadores pode provocar danos à saúde humana ou ao ecossistema, podendo estes danos ser causados diretamente pelos contaminantes ou por elementos resultantes dos mesmos.

Além de prejudicar a saúde, podem igualmente reduzir a visibilidade, diminuir a intensidade da luz ou provocar odores desagradáveis. Esta poluição causa ainda mais impactos no campo ambiental, tendo ação direta no aquecimento global, sendo responsável pela degradação de ecossistemas, bem como sendo, também, causadora de chuvas ácidas.

#### **4.2.1- Controle das emissões de gases tóxicos**

Belo Horizonte obteve um alarmante aumento em sua frota de veículos na última década, que passou de 655 mil, em 2000, para quase 1,2 milhão em 2010. Foi criado assim um problema enorme para o meio ambiente, pois essa frota lança no ar, todos os dias, uma grande quantidade de gases tóxicos na atmosfera.

Devido às emissões de gases tóxicos pelas descargas dos veículos do ciclo Diesel, centenas de pesquisas alertam que os diferentes poluentes emanados pelos escapamentos são as primordiais causas da degradação da qualidade do ar, dos grandes centros urbanos.

A situação é mais grave com os 43 mil veículos a diesel emplacados na cidade de Belo Horizonte, sendo a situação dos caminhões e ônibus a que mais incomoda o poder público, pois além de circular por mais tempo do que os carros, boa parte não recebe manutenção adequada.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente reprova, em média, 6% dos veículos que têm motores movidos a Diesel que são fiscalizados na Operação Oxigênio, esta que analisa e avalia os poluentes expelidos pelos escapamentos dos veículos fiscalizados.

Conforme pronunciamento da gerente de fiscalização e controle da poluição veicular da Secretaria de Meio Ambiente, Dra. Bernadete Carvalho, é feita diariamente uma operação denominada de Operação Oxigênio, que fiscaliza cerca de 800 motores por mês.

Os veículos movidos por motores a diesel circulam ininterruptamente, carregam muito peso, fazem um esforço bem maior e sofrem grande desgaste.

Outra questão é a idade da frota, que tem, em média, mais de 20 anos de operação, o que é um atenuante altamente influenciador dos altos índices de emissão de fumaça, que estão acima dos limites de segurança estabelecido pelo CONAMA.

No entanto, nos próximos meses, a reprovação poderá ser maior, segundo a Dra. Bernadete Carvalho. “Com o uso do opacímetro, os limites de opacidade para cada veículo são mais rígidos, conforme o ano, modelo e condição de cada um”.

“Devido a sua complexidade, ele vai acusar os excessos de muitos caminhões, ônibus de linha convencionais e escolares, que estiveram poluindo o meio ambiente”, garante a gerente.

#### 4.2.2- A inspeção

Apresenta-se o Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV), que constitui instrumento de gestão da qualidade do ar e define as características do Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos Automotores em Uso (I/M) de Minas Gerais.

O Relatório Técnico do PCPV/MG (FEAM, 2010) contempla as contribuições do Departamento de Trânsito de Minas Gerais (DETRAN/MG), das Secretarias Municipais de Meio Ambiente de Belo Horizonte, Contagem e Betim, da Autarquia de Trânsito e Transportes de Contagem (Transcon), da TRANSBETIM, empresa pública de transporte e trânsito de Betim e da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).

Os dados apresentados indicam que a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em uso nos municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim trará como consequência imediata, a redução da emissão veicular e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade do ar desses municípios.

A análise do número de veículos por município, da localização geográfica e movimento pendular significativo com a capital do Estado, além da contribuição relativa das frotas nas emissões totais de cada município indicam a região compreendida pelos municípios de Belo Horizonte, Contagem e Betim como prioritária para início da implantação do Programa I/M (Plano de Controle de Poluição) de Minas Gerais.

O município de Belo Horizonte possui cinco estações de monitoramento da qualidade do ar que tiveram início de operação em 1995, nas estações localizadas: na Praça Rui Barbosa (2002), nas estações Aeroporto Carlos Prates e Bairro Gameleira (2010) e nas estações Bairro Esplanada e Bairro Santo Agostinho.

No município de Contagem, a estação Praça da CEMIG esteve em operação no período de 1995 a 2006 e, em 2009, entrou em operação a estação Praça Tancredo Neves.

O município de Betim possui três estações de monitoramento que tiveram seu início de operação em 1998, na estação Jardim Alterosa; (2002), nas estações Centro Administrativo e Bairro Petrovale. Em Ibirité, entraram em operação, em 2002 e 2004, as estações de monitoramento do Bairro Cascata e Bairro Piratininga, respectivamente.

Para evitar os abusos da frota, o medidor do opacímetro é acoplado ao veículo parado, com aceleração livre, e ligado a uma central que recebe os dados. Um calibrador é inserido no escapamento do veículo para captar a fumaça emitida.

Essa fumaça é transportada até uma câmara de medição, com um filtro de luz. Pela quantidade de luz que consegue ultrapassar o filtro, é possível calcular o nível de partículas sólidas em suspensão e definir o grau de opacidade da fumaça. A aferição é processada por um software instalado em um *laptop*.

A nova tecnologia a ser usada diariamente na Operação Oxigênio conta com quatro equipes na capital, cada uma com um fiscal, somada ao programa de inspeção veicular, a ser implantado em Betim, BH e Contagem em 2012.

Isto representará, segundo Dra. Bernadete, um salto positivo para melhorar a qualidade do ar na região metropolitana, que afirmou: “o cerco aos poluidores vai aumentar, porque, além da inspeção anual, faremos a vistoria diária. Belo Horizonte e sua metrópole só tem a ganhar com tudo isso”, alega a gerente de Fiscalização e Controle da Poluição Veicular da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Os gases liberados pelos motores alimentados com outros tipos de combustível também preocupam a especialista: “O impacto numa cidade como a nossa, com vocação mais para a prestação de serviço, vem muito dos veículos, tanto à gasolina, quanto a diesel”.

A situação é mais preocupante do que a maioria da população possa imaginar, pois, além de prejudicar a saúde dos moradores de Belo Horizonte e de sua região metropolitana, os gases também afetam o clima, danificam materiais resistentes, como o aço, podendo também exterminar plantações.

Mas a primordial preocupação é que alguns dos seus elementos podem causar danos à atmosfera, gerando o efeito estufa, o que pode provocar o aquecimento global, que degrada gradativamente a flora e a fauna do planeta.

Em algumas cidades, estátuas tiveram de ser removidas, por causa da poluição do ar. Os poluentes do ar podem ainda afetar o clima. Os gases e os particulados podem causar variações nas temperaturas médias. “Eles espalham os raios solares e reduzem a quantidade de luz do sol que atinge o solo, podendo levar à diminuição da temperatura média”, alerta a gerente de Qualidade do Ar da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Dra. Elizete Gomides Dutra – autora da tese de doutorado Metodologia teórico-experimental para determinação dos parâmetros básicos para elaboração de inventários de emissão de veículos leves do

ciclo Otto, defendida no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e considerada um dos mais completos estudos sobre os poluentes veiculares na capital.

A especialista alerta que os poluentes despejados numa cidade podem migrar para outros municípios distantes, centenas de quilômetros.

Os governantes do Estado e dos municípios avaliam que um projeto aprovado no fim de novembro de 2011, vai fechar o cerco aos veículos que emitem por suas descargas gases poluentes na atmosfera acima do permitido por lei. Trata-se do plano de controle da poluição do ar por veículos automotores, que prevê, entre várias medidas, a inspeção veicular da frota a partir de 2012.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1- Métodos para coibir os excessos de emissões de fumaça dos veículos a diesel**

O setor de transporte responde por cerca de 20% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, que é um dos principais gases causadores do efeito estufa, sem considerar a emissão de outros gases também nocivos ao meio ambiente. No Brasil, segundo informações do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o setor de transporte responde por cerca de 9% das emissões totais de CO<sub>2</sub>, sendo que as queimadas respondem por mais de 70% delas (CNT, 2009).

#### **5.1.1- Multa para empresas de ônibus poluidoras do ar**

Dentre os 10 municípios de Minas Gerais com frota que ultrapassa a casa de 100 mil veículos, três fazem parte dos 33 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH): a capital, com 1.253.773; Contagem, com 221.062; e Betim, com 108.837 (DENATRAN, 2010).

A frota licenciada em Belo Horizonte, cerca de 20% da frota de Minas Gerais, apresenta movimentos pendulares com municípios vizinhos, dentre os quais se destacam, pelo número de veículos: Contagem e Betim (CAMARGOS, BERENSTEIN E SOUZA, 2005).

Os três municípios constituem uma área de ocupação urbana contínua, densamente povoada e, juntos, detêm aproximadamente um quarto de toda frota do Estado cerca de (24,2%).

A punição terá o valor de R\$ 2,4 mil e será aplicada em 90 dias, pela PBH, aos ônibus que emitem fumaça acima do limite estabelecido por lei.

O DER que é o órgão Estadual, responsável pelo gerenciamento da frota de ônibus operante na região Metropolitana de Belo Horizonte e também da intermunicipal. Em conjunto com a Secretaria do Meio Ambiente realizou blitz no combate ao excesso de emissões de fumaça, durante todo o mês outubro de 2011.

Os ônibus intermunicipais que passam pelo Terminal Rodoviário de Belo Horizonte, constatada poluição excessiva, foram multados pela Prefeitura, em R\$

2,4 mil. A punição começou a ser aplicada a partir de Janeiro de 2012. A tentativa foi de melhorar a qualidade do ar na cidade, segundo a gerente de Controle da Poluição Veicular da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Dra. Bernadete Carvalho Gomes.

Inicialmente, os coletivos vão passar por abordagens preventivas e educativas para depois serem fiscalizados pelo Departamento de Estradas de Rodagem (DER-MG), com possibilidade de multa. Hoje, o DER aplica uma punição, de apenas R\$ 100 ao infrator.

Pelo menos, 450 dos 3 mil ônibus intermunicipais que passam pela capital apresentam índices de emissão de fumaça acima do permitido pela legislação ambiental. A poluição é medida por meio do opacímetro, instrumento que tem a sua sonda colocada dentro do cano de descarga do veículo e que em seguida é submetido a uma seção de acelerações.

O valor da apuração é calculado pela media de 10 apurações feitas, para isto, o ano de fabricação do veículo não tem muita relevância, pois até mesmo veículos novos podem estar poluindo.

Para cada tipo de fabricante e ano do veículo, há uma tabela que classifica a emissão de poluentes. Na região metropolitana rodam ao todo mais de 6 mil ônibus coletivos e a taxa de irregularidade fica entre 20% e 30% da frota abordada pela fiscalização, segundo Bernadete.

A secretaria de Meio Ambiente conta hoje com quatro equipes de inspeção, cada uma com um kit para aferição de fumaça. Elas abordam caminhões, ônibus, escolares e vans nos principais corredores de trânsito da capital.

Os ônibus, que são os principais emissores de fumaça em Belo Horizonte, serão os alvos da operação de combate à poluição.

O DER, Secretaria de Meio Ambiente e Petrobras irão inspecionar os ônibus intermunicipais na rodoviária, sendo estes interceptados aleatoriamente na saída do terminal rodoviário de Belo Horizonte, depois do desembarque dos passageiros.

No dia 12 de outubro de 2011, ocorreu o primeiro dia da ação conjunta e, cinco dos oito ônibus vistoriados estavam irregulares e foram multados pelo DER-MG, em R\$ 100 por soltar fumaça preta pelo cano de descarga.

Os veículos também foram apreendidos para adequações mecânicas e voltarão a circular depois de nova inspeção. “O objetivo da fiscalização é verificar se

os sistemas de transporte público intermunicipal e metropolitano estão operando com seus veículos dentro dos limites de emissão de fumaça admissíveis pelas normas ambientais”.

## **5.2- Controle dos grandes vilões da poluição atmosférica**

O Conselho Nacional de Meio Ambiente instituiu o PROCONVE – Programa Nacional de Controle da poluição por Veículos Automotores – em nível nacional, baseado em modelos internacionais.

Numa atitude pioneira e corajosa, o Programa Operação Oxigênio foi criado em 1988, através de convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e o Governo do Estado de Minas Gerais, com o objetivo de controlar a emissão de fumaça preta dos veículos movidos a óleo diesel em circulação na capital.

Os órgãos que cooperarão são os seguintes: Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA); Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS); Departamento de Trânsito de Minas Gerais (DETRAN); Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG); Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER/MG) e a Secretaria Municipal de Saúde (CONAMA, 1986).

Pode-se classificar a poluição veicular em função da abrangência dos impactos causados pelos seus principais poluentes.

Os poluentes locais causam impactos na área de entorno por onde é realizado o serviço de transporte, por exemplo, os ruídos gerados pelos motores dos veículos e a fuligem expelida pelos escapamentos que se acomodam nas ruas, nos passeios e nas fachadas dos imóveis (CARVALHO, 2011).

Há várias substâncias nocivas ao homem e ao ambiente que são lançadas na atmosfera pelos veículos automotores, principalmente em função do processo de queima dos combustíveis fósseis.

Neste trabalho, procurou-se discutir a participação relativa das fontes veiculares de emissão dessas substâncias poluentes, além de apresentar e discutir algumas políticas públicas adotadas no Brasil nos últimos 20 anos, para redução das emissões veiculares.



Por fim, são apresentadas algumas considerações sobre o tema e uma referência básica para quem pretende se aprofundar no assunto (CARVALHO, 2011).

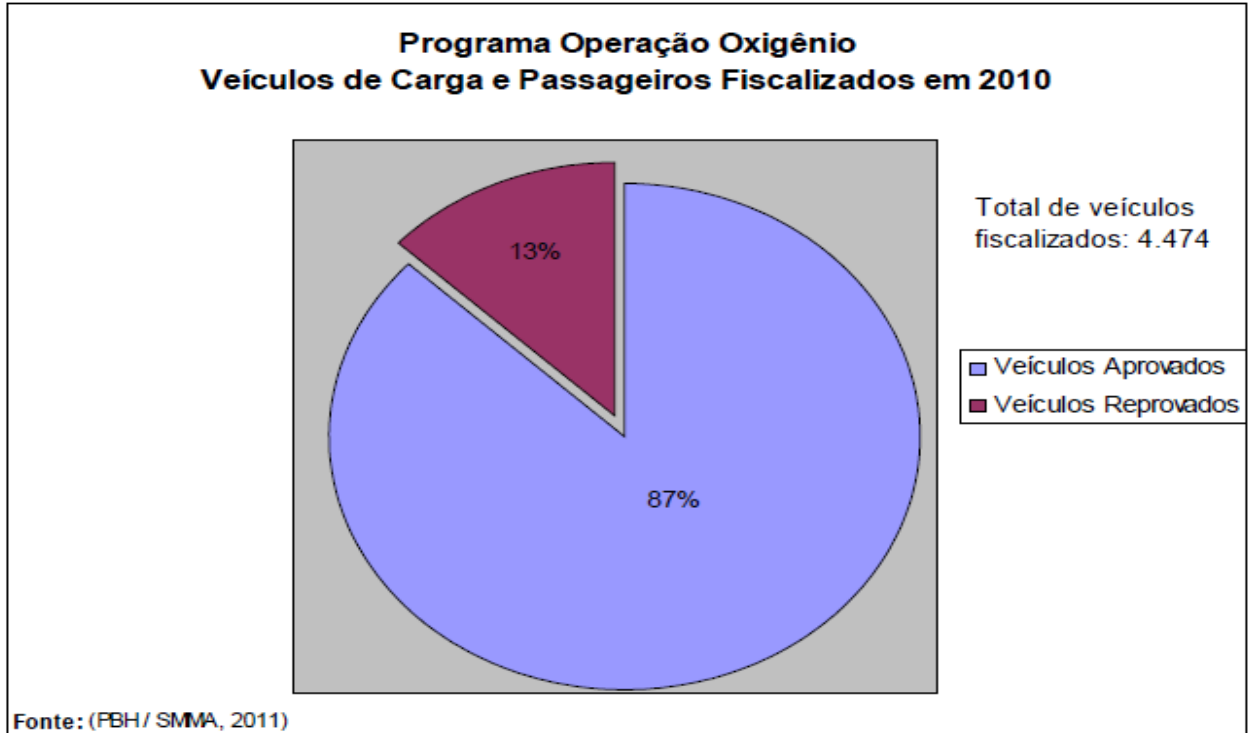


Gráfico 1 - Dados do Programa Operação Oxigênio  
Fonte: PBH/ SMMA (2011)

### Programa Operação Oxigênio: veículos fiscalizados em 2010

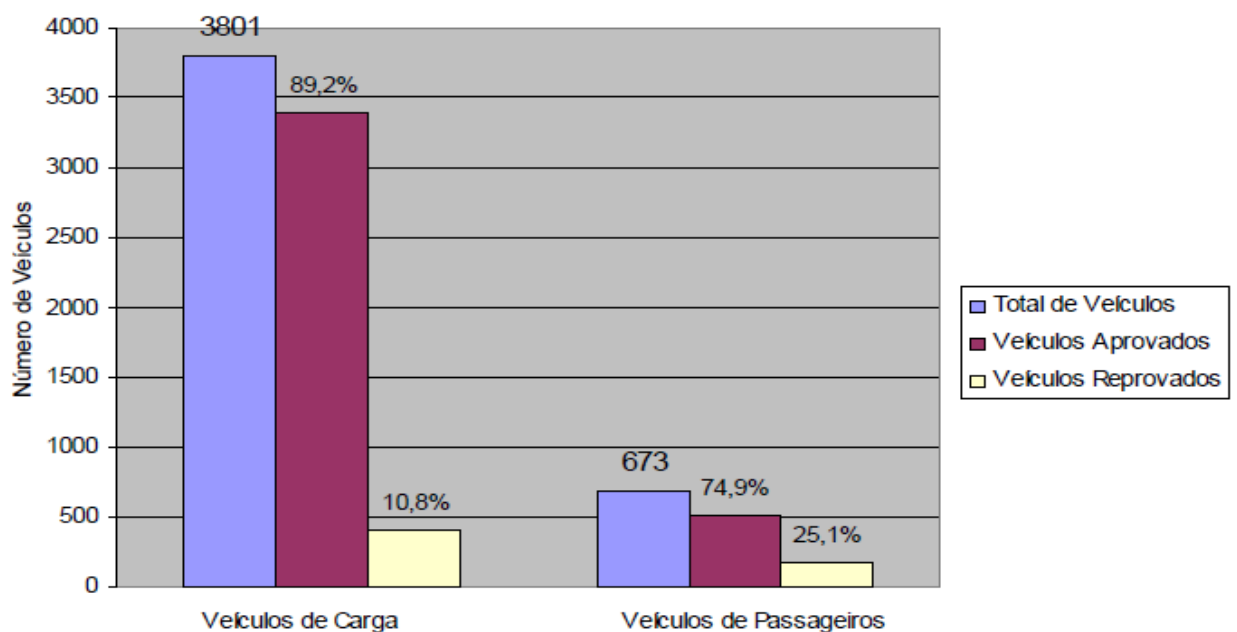


Gráfico 2 - Dados do Programa Operação Oxigênio – Fiscalização de 2010  
Fonte: PBH/ SMMA (2011)

Conforme já mencionado, Minas Gerais detém uma frota superior a 7.205.089 veículos cadastrados no DETRAN - é a segunda maior frota do país, perdendo apenas para São Paulo.

Belo Horizonte é a capital com a terceira maior frota do país - em torno de 1.366.572 (DENATRAN-2011) veículos - perde somente para as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Em dois anos apenas, a frota de BH cresceu em torno de 6%, fato esse não acompanhado pelo sistema viário, resultando em congestionamentos que crescem gradativamente. Os congestionamentos são responsáveis pela maior fatia das descargas atmosféricas da frota.

Outro fator característico da nossa capital é o relevo acidentado. Os aclives exigem mais esforço da nossa frota circulante e, por isso, melhor manutenção nos veículos.

O Programa Operação Oxigênio tem por objetivo monitorar as fontes móveis a diesel, através da ação flagrante (fiscalização) dos veículos em circulação nas ruas de nossa capital.

A frota-alvo gira em torno de 45.000 veículos, entre eles, ônibus, caminhões, utilitários, escolares e outros.

A frota movida por motor a diesel foi priorizada pelo programa, devido aos seguintes fatores: o diesel é o combustível preferido da frota de uso intenso, bem como da frota que mais roda e mais transporta peso.

A frota a diesel é submetida a grande esforço ,pela intensa circulação, pelo peso que carrega e por ser a que tem maior idade: cerca de 40% tem idade superior a 10 anos. Suas descargas atmosféricas são muito incômodas e facilmente detectáveis em nossas ruas.

A Operação Oxigênio tem caráter punitivo e flagrante (vistorias não programadas). É coordenada e executada pela SMMA, com a participação direta da BHTRANS e PMMG nas vistorias diárias. As demais instituições envolvidas prestam apoio e assessoria técnica ao programa.

Tal é a importância desta operação para a cidade, que no Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso de Minas Gerais - PCPV/MG, coordenado e publicado pela FEAM, foi dedicado um item do Capítulo - Medidas de Controle - ao Programa Operação Oxigênio, por ser um dos poucos trabalhos de peso dirigidos ao controle da poluição veicular em Belo Horizonte e sua Região Metropolitana.

### 5.3- Desafios a serem superados

Belo Horizonte tem prazo de quatro anos para reduzir em 30% a emissão de gases causadores do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). É o que determina lei sancionada pelo prefeito Marcio Lacerda.

A norma visa cumprir os prazos da Política Nacional de Mudanças Climáticas, que fixa parâmetros para a diminuição da poluição atmosférica.

Belo Horizonte é a terceira capital do país a aprovar tal tipo de legislação. São Paulo e Rio de Janeiro foram as primeiras a aderir. Em São Paulo, o prazo para reduzir em 30% a emissão de gases termina em 2012. Os cariocas têm prazo até 2020 para diminuir em 20% a emissão de fumaça

A meta estipulada para a capital mineira na nova legislação é um desafio digno das cidades mais ecologicamente corretas do mundo. O problema é que o texto legal define poucas ações para alcançar o objetivo, o que pode inviabilizar seu cumprimento.

É uma corrida contra o tempo, para que BH não repita o cenário de São Paulo, em que, no papel, o texto previa resultados tão significativos quanto os propostos na Inglaterra e na França – países que encabeçam a formulação de legislação para controle do aquecimento global, mas na prática, pouquíssimo foi feito para adequar a cidade paulistana ao cumprimento da meta.

A Lei Municipal 10.175/2011 se estende por longas páginas detalhando conceitos, princípios e diretrizes, atendo-se a explicar, entre outros, o que é biogás, mudança climática e serviços ambientais. São 45 artigos, quase todos teóricos.

Em apenas quatro casos, são definidas ações que podem contribuir na redução da emissão de dióxido de carbono e outros gases provocadores do efeito estufa. Só no último capítulo, que trata das disposições finais, em dois artigos, são formalizadas as ações mais efetivas para controlar a emissão de poluentes.

O artigo 44 define que a prefeitura deve mudar o perfil da frota de ônibus, para que ocorra “redução progressiva do uso de combustíveis fósseis, ficando adotada meta progressiva de redução de, pelo menos, 10% a cada ano”.

A medida tenta inibir o maior emissor de gases estufa na capital: os meios de transporte. O inventário municipal, elaborado em 2008, mostra que setor é responsável por 82% do CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera. A gasolina e o diesel são os maiores vilões.

Segundo o secretário municipal de Meio Ambiente, Nívio Lasmar, o acordo para testar ônibus movidos a etanol está em fase de conclusão e será uma experiência importante, assim como a criação de corredores rápidos de ônibus, os BRTs.

Assim, até 2021, toda a frota deve descartar o diesel. Mas, a medida requer investimentos das empresas de ônibus, pois, segundo estudos, outros combustíveis encarecem em cerca de 30% os custos operacionais e, para o uso do etanol, é necessária a compra de motores novos para os veículos.

“É uma meta arrojada”, diz Lasmar. “É um momento muito especial para Belo Horizonte. Temos de ter metas, persegui-las e ultrapassar possíveis barreiras”, diz o secretário. Ano a ano, a prefeitura terá que divulgar estudo, mostrando a evolução dos níveis de emissão.

#### **5.4- Secretaria da saúde no combate à fumaça emanada das descargas dos veículos movidos por motores do ciclo diesel e ciclo Otto**

Embora muitos estudos ligados elevações no ozônio troposférico a resultados adversos para a saúde, o efeito da exposição em longo prazo para o ozônio no ar, o índice de mortalidade relacionada à poluição permanece incerto. Nós examinamos a contribuição potencial de exposição ao ozônio para o risco de morte provocada por origens cardiopulmonares e, especificamente, à mortalidade por causas respiratórias<sup>2</sup>.

Dados da coorte de estudo da American Cancer Society Cancer Prevention Study II foram correlacionados com a poluição do ar de dados de 96 áreas estatísticas metropolitanas nos Estados Unidos. Os dados foram analisados a partir de 448.850 sujeitos, com 118.777 mortes, em um período de 18 anos.. Dados sobre as concentrações de ozônio máxima diária foram obtidos a partir de 1º abril - 30 setembro de 1977 até o ano 2000. Dados sobre as concentrações de partículas finas (partículas que são  $\leq 2,5$  m de diâmetro aerodinâmico [PM 2,5 ]) foram obtidos para os anos de 1999 e 2000.

---

2 Ver: **Journal of Medicine**, New England, v. 360, n. 11, p. 1085-1095, 12 Mar. 2009.

Associações entre as concentrações de ozônio e os riscos de morte foram avaliadas com o uso de modelos de regressão padrão e Cox multinível, segundo o *Journal of Medicine*, de 12 de março de 2009.

#### **5.4.1 Alerta da Secretaria Mundial de Saúde (SMS)**

Este estudo não foi capaz de detectar o efeito do ozônio sobre o risco de morte por causas cardiovasculares, quando à concentração de PM 2,5 foi tida em conta. No entanto, há de se considerar um aumento significativo no risco de morte por causas respiratórias em associação com um aumento da concentração de ozônio, ainda de acordo com o *Journal of Medicine*, de 12 de março de 2009.

SALDIVA *et al* (2007) afirma que, segundo estudos do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), cerca de 3 mil mortes por ano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) estão relacionadas à poluição do ar, representando um custo anual de cerca de R\$ 1,5 bilhão para a cidade, somando com o tratamento das cerca de 200 doenças associadas.

Este número de mortes em São Paulo é um indício de que, no Brasil, o problema é bastante sério, apesar de não existirem estatísticas focalizadas no problema e, conseqüentemente, faltar conscientização geral por parte da população, como ocorre, por exemplo, no caso de aproximadamente 35 mil mortes por acidentes de trânsito no país (CARVALHO, 2011).

Uma pesquisa realizada por pesquisadores da Universidade de Berkley (JERRETT *et al.*, 2009), com uma amostra de 500 mil pessoas, mostra que em regiões com alta concentração de O<sub>3</sub> na troposfera, formadas pelos elementos chamados precursores do ozônio, principalmente, os óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos liberados na queima dos combustíveis fósseis, a probabilidade de uma pessoa morrer por problemas respiratórios aumenta em 30%, e a cada 10 pontos percentuais de aumento na concentração de ozônio, este índice aumenta em 4%. Segundo a pesquisa, são quase 8 milhões de mortes por ano por causas respiratórias no mundo (CARVALHO, 2011)

De acordo com o pronunciamento de Mauricio Meireles, presidente da Sociedade Mineira de Pneumologia: “o aumento do nível de poluição pelos

automóveis tem agravado o quadro de pacientes que já têm algum tipo de doença pulmonar, como bronquite, asma e alergia”.

Temos observado, inclusive em estudos, que esse aumento da frota de veículos contribui para piorar as doenças pulmonares da população, principalmente em pacientes com menos de 5 anos e acima de 65 anos. Mesmo quem não tem problemas pulmonares, desenvolve esses sintomas com a poluição do ar. Pulmão não é para receber fumaça.

A concentração de ozônio na camada estratosférica é benéfica à humanidade, pois protege a incidência de raios ultravioletas prejudiciais à saúde. Ao contrário disso, a alta concentração de ozônio em altitudes mais baixas, causa problemas respiratórios nos seres humanos.

Seja ela preta, branca ou amarela, qualquer forma de fumaça vai prejudicar o pulmão de alguma forma. “Agora, é claro que a fumaça que tem componentes mais escuros, com mais produtos de degradação do combustível fóssil, tem impacto maior na função pulmonar”, afirma ainda, Maurício Meireles.



Figura 13 - Emissão de fumaça por cano de descarga  
Fonte: Jornal Estado de Minas, de 31 de janeiro de 2011.

Perigo para o pulmão dos moradores de Belo Horizonte e de sua região Metropolitana, o trânsito da capital mineira e de sua região metropolitana também mata, sem que ocorra um único acidente. Pelo menos uma pessoa morre,

diariamente, devido à poluição provocada pelos motores de veículos do ciclo Otto e, principalmente, pelo o do ciclo Diesel, devido ao excesso de fumaça expelida pelas descargas dos mesmos, na capital. Mais de 900 são internados com doenças respiratórias e cardiovasculares agravadas pela fumaça dos automóveis. Os dados fazem parte de um levantamento feito pelo laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), em parceria com a UFMG.

Pelos padrões medidos, o ar de Belo Horizonte contribui para a morte de 389 pessoas, por ano, a partir dos 40 anos (grupo de maior vulnerabilidade).

A poluição detectada pelo estudo foi calculada com base na concentração média do chamado MP2,5, que é qualquer material particulado inapelável fino que chega aos pulmões. Em Belo Horizonte, a quantidade média anual de MP2,5 observada foi de 16,5 microgramas por metro cúbico. Na prática, o ar de BH ultrapassa em 65% o limite tolerável de 10 microgramas da Organização Mundial de Saúde (OMS).

“Os veículos, principalmente, os ônibus e os caminhões, são responsáveis por mais da metade destes poluentes inaláveis”, aponta o professor Geraldo Brasileiro Filho, que coordenou a pesquisa em Belo Horizonte.

A poluição causada pelos automóveis também foi medida em São Paulo, Rio de Janeiro e Recife. A capital Paulista lidera o ranking nacional. O ar da maior capital brasileira é quase três vezes mais “pesado” que o limite tolerável pela OMS.



Figura 14 – Emissão de fumaça por cano de descarga de ônibus  
Fonte: Jornal Estado de Minas, de 31 de janeiro de 2011.

Os pesquisadores analisaram a concentração de poluentes veiculares nas quatro capitais durante o período de um ano. A amostragem foi coletada entre 2007 e 2008. Os dados fornecidos fazem parte de um levantamento parcial. “A análise ainda não foi concluída, mas os números não vão mudar desta forma, já podemos mensurar a quantidade de mortes que seria evitada com a redução da poluição veicular”, afirma um dos responsáveis pelo estudo, Paulo Afonso de André, que é engenheiro e professor da USP.

Na época em que o levantamento foi feito, a frota de veículos de Belo Horizonte era de 1,1 milhão. Três anos depois, cresceu 20% e já supera 1,3 milhão. Para o coordenador do estudo em Belo Horizonte, é impossível estimar o aumento da mortalidade e internações, com base na frota dos dias de hoje. No entanto, o crescimento seria inevitável. “Teríamos que levar em consideração uma série de fatores, como o número de ônibus e caminhões. Mas é claro que a tendência é de que os resultados seriam mais agravantes”, de acordo com Geraldo Brasileiro Filho.

O vice-presidente da Associação Brasileira de Tráfego (Abramed), Guilherme Durães, avalia com ressalvas os resultados do estudo da USP. Para ele, as doenças cardiovasculares e respiratórias são agravadas pela poluição veicular. No entanto, conforme o médico, para se calcular a taxa de mortalidade seriam necessários dados precisos.

Para Durães, o estudo merece atenção das autoridades e precisa ser respeitado, já que foi feito por uma das universidades mais conceituadas do país. “A instituição é pública e não tem fins comerciais para fazer sensacionalismo com esses dados. É claro que já estão doentes. No entanto, considero ainda prematuro relacionar o estágio final destas doenças (morte) com os poluentes expelidos pelas descargas dos veículos”, analisa o vice-presidente da Abramet.

#### **5.4.2- Internações geram custo de R\$ 2,1 milhões aos cofres públicos**

As principais doenças agravadas pela poluição são: infarto, hipertensão, Acidente vascular cerebral (AVC), pneumonia, bronquite, asma e câncer de pulmão. O estudo feito pela Universidade de São Paulo (USP) estima que os poluentes veiculares sejam responsáveis por 918 internações, por ano, em Belo Horizonte. Os custos são de 20,9 milhões, sendo 30% pagos pelo Sistema Único de Saúde (SUS).



Crianças de até 4 anos e adultos com mais de 60 são os mais afetados. Os custos apontados no levantamento foram feitos com base no data SUS (banco de dados do sistema nacional de saúde), de 2008. O vice-presidente da Sociedade Mineira de Pneumologia, Maurício Meireles Góes, reforça que a qualidade do ar interfere diretamente no quadro de saúde dos doentes.

Com mais de 12 anos de experiência na área, ele aponta que a poluição em Belo Horizonte é alta e todos os seus pacientes que saem da capital têm uma melhora significativa. “Basta a pessoa ir para uma cidade mais tranquila, onde o tráfego não é tão intenso, que evoluções são percebidas no tratamento”.

Apontado como um dos vilões da poluição veicular, os ônibus da capital representam 310 linhas que envolvem o deslocamento de diário de 2.854 coletivos. São: 25.166 viagens diárias, para piorar, os veículos utilizam o óleo diesel como combustível básico.

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, após um seminário que tratou do assunto em janeiro passado, uma empresa de consultoria foi contratada para avaliar os impactos da poluição e apontar soluções. O prazo para que isso ocorra não foi informado.

Em Minas Gerais, o monitoramento da qualidade do ar é realizado por 21 estações, sendo cinco na capital. As amostragens são feitas durante 24 horas, a cada seis dias. Os resultados não foram informados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

Na tentativa de diminuir esse tipo de poluição, os veículos de Minas, um total de 6,6 milhões, serão obrigados a passar por uma inspeção para medir a emissão de gases poluentes. Somente os aprovados, receberão o licenciamento anual. A resolução do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA) define que o prazo máximo para que as inspeções passem a valer é de 18 meses. Isso significa que a medida deve estar nas ruas até 25 de maio de 2012.

#### **5.5- Apresentação de fonte alternativa de energia que é menos poluente do que combustíveis fósseis**

Neste trabalho, é aduzido o biodiesel como forma de energia que pode ser usada para melhorar as condições do óleo diesel devido à sua capacidade de ser renovado, podendo assim alimentar o transporte veicular, sem causar muitos danos

ao ar que se respira. Busca-se, com isto, amenizar os impactos negativos causados ao Meio Ambiente, com a emissão de gases tóxicos pelas descargas dos veículos automotores do ciclo diesel, principalmente, em Belo Horizonte e sua região Metropolitana.

### 5.5.1- Biodiesel

Refere-se ao combustível formado por ésteres de ácidos graxos, ésteres alquila (metila, etila ou propila) de ácidos carboxílicos de cadeia longa. É um combustível renovável e biodegradável, obtido comumente, a partir de reação química de lipídios, óleos ou gorduras, de origem animal (e.g., sebo) ou vegetal, com um álcool na presença de um catalisador (reação conhecida como trans esterificação).

Podendo ser obtido também pelos processos de craqueamento e esterificação, o biodiesel é feito para ser usado em motores diesel padrão e, portanto, distinto dos óleos vegetais e resíduos usados para motores a combustível diesel convertido; substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, e outros) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, e outros).

Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. O biodiesel pode ser usado sozinho ou misturado com o petrodiesel (combustível diesel derivado de petróleo).

O nome biodiesel, muitas vezes, é confundido com a mistura diesel+biodiesel, disponível em alguns postos de combustível. A designação correta para a mistura vendida nestes postos deve ser precedida pela letra B (do inglês *Blend*). Neste caso, a mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

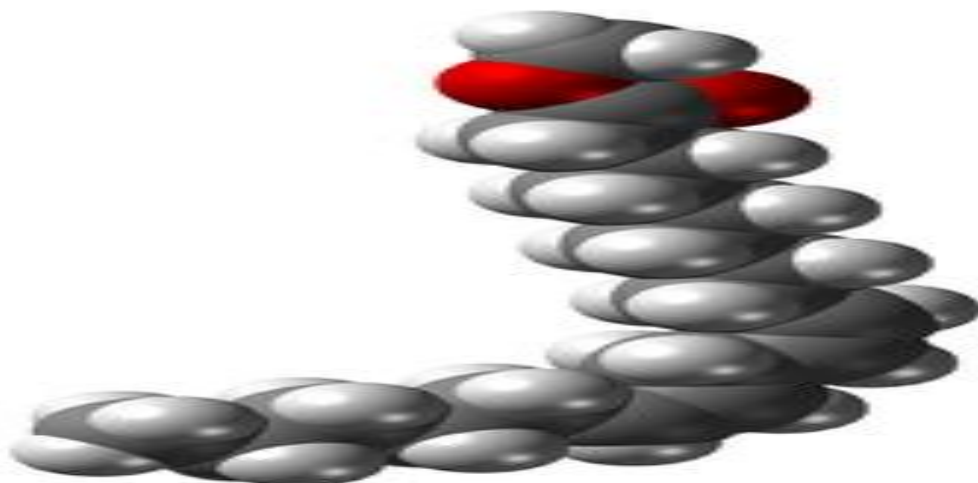


Figura 15 - Modelo espacial da molécula de inoleato de metila, ou éster do ácido inoléico  
Fonte: Wikipédia (2012)

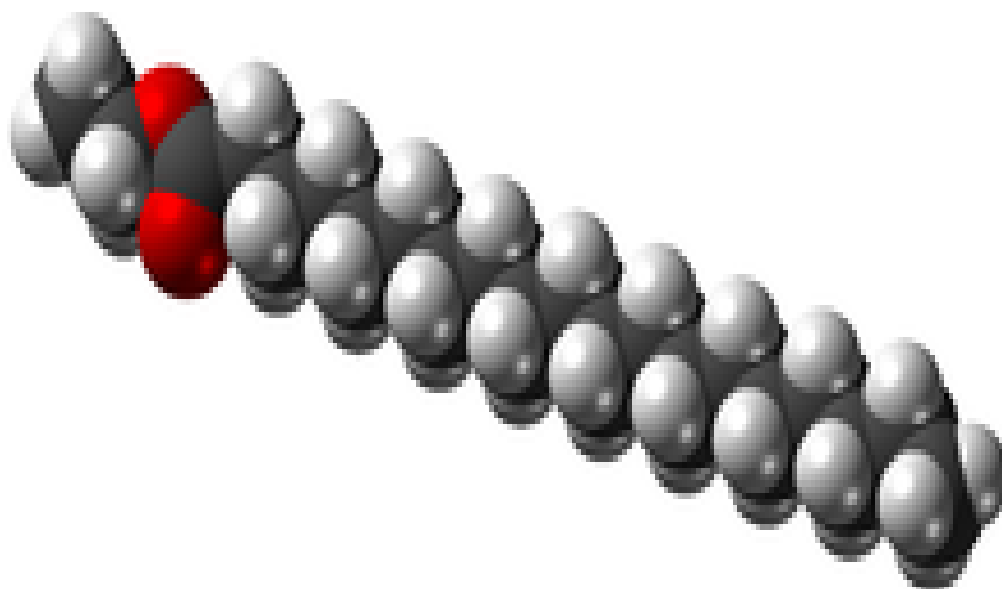


Figura 16 - Modelo espacial da molécula de estearato de etila, ou éster de etila do ácido esteárico  
Fonte: Wikipédia (2012)



Figura – 17 -Autocarro movido por biodiesel  
 Fonte: Wikipédia (2012)

Misturas (composições) de biodiesel e combustível diesel convencional à base de hidrocarbonetos são os produtos mais comumente distribuídos para uso no mercado de varejo de combustível diesel. Grande parte do mundo usa um sistema conhecido como o "fator" B" para indicar a quantidade de biodiesel em qualquer mistura de combustível:

- ▶ Biodiesel a 100% é referido como **B100**
- ▶ Biodiesel a 20% é rotulado **B20**
- ▶ Biodiesel a 5% é rotulado **B5**
- ▶ Biodiesel a 2% é rotulado **B2**

Obviamente, quanto maior o percentual de biodiesel, mais ecologicamente amigável é o combustível. É comum nos EUA, ver-se o rótulo **B99.9**, porque um crédito de imposto federal será concedido à primeira entidade que compuser óleo diesel com biodiesel puro.

Misturas de 20% de biodiesel com 80% de diesel de petróleo (B20) podem geralmente ser usadas em motores diesel sem modificações. O biodiesel pode também ser utilizado em sua forma pura (B100), mas pode exigir modificações no motor para evitar certos problemas de manutenção e desempenho. Misturas de B100 com óleo diesel podem ser obtidas por:

- ▶ Mistura em tanques de fabricação e estocagem em ponto próximo, antes da entrega por caminhões-tanque;
- ▶ Mistura por agitação natural no caminhão-tanque (adicionando percentagens específicas de biodiesel e diesel de petróleo);
- ▶ Na linha de mistura, dois componentes chegam ao caminhão-tanque simultaneamente;
- ▶ Mistura por bombas dosadoras, em que medidas de óleo diesel e biodiesel estão definidas para o volume total, com a bomba puxando a transferência de dois pontos e completando a mistura na saída da bomba.

### **5.5.2- Vantagens X desvantagens do biodiesel**

#### **Vantagens:**

- ▶ É energia renovável. As terras cultiváveis podem produzir uma enorme variedade de oleaginosas como fonte de matéria-prima para o biodiesel.
- ▶ É constituído por carbono neutro, ou seja, o combustível tem origem renovável ao invés da fóssil. Desta forma, sua obtenção e queima não contribuem para o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, zerando assim o balanço de massa entre emissão de gases dos veículos e absorção dos mesmos pelas plantas.
- ▶ Possui um alto ponto de fulgor, conferindo ao biodiesel manuseio e armazenamento mais seguros.
- ▶ Apresenta excelente lubricidade, fato que vem ganhando importância com o advento do petrodiesel de baixo teor de enxofre, cuja lubricidade é parcialmente perdida durante o processo de produção.
- ▶ Contribui para a geração de empregos no setor primário. Com isso, evita o êxodo do trabalhador no campo, reduzindo o inchaço das grandes cidades e favorecendo o ciclo da economia autossustentável, essencial para a autonomia do país.
- ▶ Com a incidência de petróleo em poços cada vez mais profundos, muito dinheiro está sendo gasto na sua prospecção e extração, o que torna cada vez mais onerosa a exploração e refino das riquezas naturais do subsolo. Havendo então a necessidade de se explorar os recursos da superfície, abrindo assim um novo nicho de mercado e uma nova oportunidade de aposta estratégica no sector primário.

► Nenhuma modificação nos atuais motores do tipo ciclo diesel faz-se necessária para misturas de biodiesel com diesel de até 20%, sendo que percentuais acima de 20% requerem avaliações mais elaboradas do desempenho do motor.

### **Desvantagens:**

► Não se sabe ao certo como o mercado irá assimilar a grande quantidade de glicerina obtida como subproduto da produção do biodiesel (entre 5 e 10% do produto bruto). A queima parcial da glicerina gera acroleína, produto suspeito de ser cancerígeno.

► No Brasil e na Ásia, lavouras de soja e dendê, cujos óleos são fontes potencialmente importantes de biodiesel, estão invadindo florestas tropicais que são importantes bolsões de biodiversidade. Muitas espécies poderão deixar de existir, em consequência do avanço das áreas agrícolas, entre as espécies, podemos citar o orangotango ou o rinoceronte-de-sumatra. Embora, no Brasil, muitas lavouras não sejam ainda utilizadas para a produção de biodiesel, essa preocupação deve ser considerada. Tais efeitos nocivos poderão ser combatidos pela efetivação do zoneamento agroecológico, proposto pelo Governo Federal.

► A produção intensiva da matéria-prima de origem vegetal leva a um esgotamento das capacidades do solo, o que pode ocasionar a destruição da fauna e flora, aumentando, portanto, o risco de erradicação de espécies e o possível aparecimento de novos parasitas, como o parasita causador da Malária.

► O balanço de CO<sub>2</sub> do biodiesel não é neutro, mesmo sendo inúmeras vezes menos emissor de CO<sub>2</sub> que o diesel de petróleo, se for levada em conta a energia necessária à sua produção. Mesmo que as plantas busquem o carbono na atmosfera, é preciso ter em conta a energia necessária para a produção de adubos, para a locomoção das máquinas agrícolas, para a irrigação, para o armazenamento e transporte dos produtos.

► Cogita-se que poderá haver uma alta nos preços dos alimentos, ocasionada pelo aumento da demanda de matéria-prima para a produção de biodiesel. Como exemplo, pode-se citar alguns fatos ocorridos em Portugal, no início de Julho de 2007, quando o milho era vendido a 200 euros por tonelada (152 em Julho de 2006), a cevada a 187 (contra 127), o trigo a 202 (137 em Julho de 2006) e

o bagaço de soja a 234 (contra 178). O uso de algas como fonte de matéria-prima para a produção do biodiesel poderia poupar as terras férteis e a água doce, destinadas à produção de alimentos.

### **5.5.3- Aplicações**

O biodiesel pode ser usado na forma pura (B100) ou pode ser misturado ao diesel de petróleo em qualquer concentração, na maioria das bombas de injeção de motores diesel.

Novos extremos de alta pressão (29.000 PE) de motores ferroviários comuns têm limites estritos de fábrica a B5 ou B20, dependendo do fabricante. Biodiesel, tem propriedades solventes diferentes do petrodiesel, e irão degradar juntas mangueiras de borracha natural em veículos (principalmente os veículos fabricados antes de 1992).

Embora estes tendam a desgastar-se, naturalmente, e provavelmente já poderão ter sido substituídos com o elastômero FKM, que é não reativo para biodiesel.

Como resultado, filtros de combustível podem ficar entupidos com partículas se uma rápida transição para o biodiesel puro for feita. Portanto, é recomendável mudar os filtros de combustível em motores e geradores de calor, logo após a primeira opção para uma mistura do biodiesel.

O desenvolvimento de componentes polímeros e elastômeros tem ocorrido, incluindo mangueiras, conexões e juntas, de formulações resistentes a diversos biocombustíveis, incluindo biodiesel. Também tem sido estudado e fomentado o uso extensivo de biodiesel em embarcações, desde barcos recreativos até como aditivo em embarcações de grande porte.

### **5.5.4- Antecedentes Históricos**

A trans esterificação de um óleo vegetal foi realizada primeiramente em 1853, pelos cientistas E. Duffy e J. Patrick, muitos anos antes do primeiro motor diesel se tornar funcional.

O primeiro modelo de Rudolf Diesel, um único cilindro de ferro de 3 m com um volante em sua base, funcionou pela primeira vez em Augsburg, Alemanha, em

10 de agosto de 1893, sendo abastecido com nada além de óleo de amendoim. Em memória deste evento, algumas fontes citam o dia 10 de agosto como o "Dia Internacional do Biodiesel".

É frequentemente relatado que o Diesel projetou seu motor para funcionar com óleo de amendoim, mas este não é o caso. Diesel afirmou em seus artigos publicados "Na Exposição de Paris", em 1900 (Exposition Universelle), que foi mostrado pela Companhia Otto um pequeno motor diesel, que, a pedido do governo francês, funcionou com óleo de amendoim arachide e trabalhou de forma tão suave que somente poucas pessoas tinham conhecimento disto.

O motor foi construído para uso de óleo mineral e foi, posteriormente, operado com óleo vegetal, sem qualquer alteração a ser feita. O governo francês, no momento, pensava em testar a sua aplicabilidade para a produção de energia do arachide ou castanha-da-terra, pois cresce em quantidades consideráveis em colônias africanas, e podia ser facilmente cultivada. Diesel, mais tarde, realizou testes relacionados e parecia favorável à ideia.

Em 1912, Diesel disse, em discurso, que "o uso de óleos vegetais para combustíveis de motores pode parecer insignificante hoje, mas tais óleos podem tornar-se produtos, no decorrer do tempo, tão importantes como o petróleo e o alcatrão de hulha na atualidade".

Apesar do uso generalizado de combustível diesel derivados de petróleo fóssil, o interesse em óleos vegetais como combustível para motores de combustão interna foi relatado em vários países, durante os anos 1920 e 1930. Posteriormente, durante a Segunda Guerra Mundial, Bélgica, França, Itália, Reino Unido, Portugal, Alemanha, Brasil, Argentina, Japão e China foram relatados como tendo testado e utilizado óleos vegetais como combustível para motores diesel.

Alguns problemas operacionais foram relatados, devido à alta viscosidade dos óleos vegetais em comparação ao diesel de petróleo, o que resulta em baixa atomização do combustível no pulverizador de combustível e, muitas vezes, levam a depósitos e carbonização dos injetores, câmara de combustão e válvulas.

As tentativas para superar esses problemas incluíram aquecimento do óleo vegetal, misturando-o com combustível diesel derivado do petróleo ou etanol, a pirólise e raqueamento dos óleos.

Em 32 de agosto de 1937, G. Chavanne da Universidade de Bruxelas (Bélgica), teve concedida uma patente para um "Procedimento para a



transformação de óleos vegetais para seu uso como combustíveis" (em francês "Procédé de Transformation d'Huiles Végétales en Vue de Leur Utilisation comme Carburants") Patente Belga 422.877.

Esta patente descreve a alcoolize (frequentemente citada como trans esterificação) de óleos vegetais usando etanol (e menciona metanol), de maneira a separar os ácidos graxos do glicerol e substituir o glicerol com alcoóis lineares de cadeia curta. Esta parece ser a primeira citação do que é conhecido hoje como "biodiesel".

Mais recentemente, em 1977, o cientista brasileiro Expedito Parente inventou e submeteu para patente o primeiro processo industrial para a produção de biodiesel. Este processo é classificado como biodiesel pelas normas internacionais, apresentando uma "identidade e qualidade padronizada. Nenhum outro biocombustível proposto tem sido validado para a indústria automobilística". Atualmente, a empresa de Parente, Tecbio, está trabalhando com a Boeing e a NASA para certificar bioquerosene (bio-kerosene), outro produto produzido e patenteado pelo cientista brasileiro.

A pesquisa sobre o uso do óleo de girassol trans esterificado, e refinando-o aos padrões de óleo diesel, foi iniciada na África do Sul, em 1979. Por volta de 1983, o processo para a produção de biodiesel com qualidade de combustível testado em motores foi completado e publicado internacionalmente.

Uma empresa austríaca, Gaskoks, obteve as tecnológicas do grupo South African Agricultural Engineers (Engenheiros Agrícolas Sul Africanos). A empresa construiu a primeira planta piloto de biodiesel, em novembro de 1987, e a primeira planta de escala industrial, em abril de 1989 (com uma capacidade de 30 mil toneladas de sementes de colza por ano).

Ao longo da década de 1990, plantas foram abertas em muitos países europeus, incluindo a República Tcheca, Alemanha e Suécia.

A França lançou a produção local de biodiesel (conhecido como diéster) de óleo de semente de colza, que é misturado no combustível diesel regular ao nível de 5%, e para o óleo diesel utilizado por algumas frotas cativas (por exemplo, transporte público) a um nível de 30%.

A Renault, a Peugeot e outros fabricantes possuem motores de caminhões certificados para uso com até esse nível parcial de biodiesel. Estão em andamento experimentos com biodiesel de 50%. Durante o mesmo período, os países em

outras partes do mundo também viram a produção local de biodiesel crescer: em 1998, o Austrian Biofuels Institute identificou 21 países com projetos comerciais de biodiesel. Biodiesel a 100% já está disponível em muitas estações de serviço normal em toda a Europa.

Em setembro de 2005, Minnesota tornou-se o primeiro estado americano a decidir que todo o óleo diesel vendido no estado deveria conter parcialmente biodiesel, exigindo um teor de, pelo menos, 2%.

Em 2008, a ASTM publicou seus novos Padrões de Especificações de Mistura de Biodiesel (Biodiesel Blend Specifications Standards).



Figura 18 - Amostra de biodiesel  
Fonte: Wikipédia (2012)

### 5.5.5- Propriedades

O biodiesel tem propriedade lubrificante melhor e muito mais alto número de cetano, que os atuais combustíveis diesel de mais baixo teor de enxofre. Além de o biodiesel reduzir o desgaste do sistema de combustível, e em níveis baixos em sistemas de alta pressão, aumentar a vida útil do equipamento de injeção de combustível que depende do combustível para a sua lubrificação. Dependendo do motor, isso pode incluir as bombas de injeção de alta pressão, bomba injetora (também chamado injetores de unidade) e injetores de combustível.

O poder calorífico do biodiesel é de cerca de 37,27 MJ/L. Esta é 9% inferior ao óleo diesel derivado de petróleo classificado como Número 2. Variações na densidade de energia do biodiesel são mais dependentes da matéria-prima utilizada no processo de produção. Ainda sim, estas variações são menores do que o petrodiesel.

Admitiu-se que o biodiesel permite melhor lubrificação e uma combustão mais completa, aumentando assim a produção de energia do motor e atua compensando a maior densidade de energia de petrodiesel.

Biodiesel é um líquido que varia de cor - entre dourado e castanho escuro - dependendo da matéria-prima de produção. É imiscível com água, tem um alto ponto de ebulição e baixa pressão de vapor.

O ponto de inflamação de biodiesel ( $> 130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $> 266\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) é significativamente mais alto que o do diesel de petróleo ( $64\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $147\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) ou gasolina ( $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-52\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Biodiesel tem uma densidade de  $0,88\text{ g/cm}^3$ , menor do que a da água.

O biodiesel não tem praticamente nenhum conteúdo de enxofre e é frequentemente utilizado como aditivo para óleo diesel com um teor extremamente baixo de enxofre (Ultra-Low Sulfur Diesel, ULSD) de combustível, porque confere a este, melhores características de lubricidade, sendo apontado como uma excelente alternativa o uso dos ésteres em adição na taxa de 5 a 8%, buscando reconstituir essa lubricidade. Também é essencialmente isento de compostos aromáticos.

#### **5.5.6- Processo de fabricação**

O biodiesel é comumente produzido pela trans esterificação de óleo vegetal ou gordura animal como matéria-prima. Existem vários métodos para realizar esta reação de trans esterificação, incluindo o processo em batelada comum, os processos supercríticos, o uso de reatores compartimentados oscilatórios, os métodos de ultrassom, e até mesmo métodos com micro-ondas.

#### **5.5.7- Composição química do biodiesel**

Quimicamente, o biodiesel trans esterificado compreende uma mistura de ésteres mono-alquila de ácidos graxos de cadeia longa. A forma mais comum utiliza metanol (convertido para metóxido de sódio) para produzir biodiesel de

ésteres metila (vulgarmente designado por éster metila de ácido graxo, em inglês Fatty Acid Methyl Ester - FAME). Como é o álcool mais barato disponível, embora etanol possa ser usado para produzir ésteres etílicos (comumente referido como éster etila de ácido graxo, Fatty Acid Ethyl Ester - FAEE), e álcoois superiores, como isopropanol e butanol também tenham sido utilizados, usar alcoóis de alto peso molecular melhora as propriedades fluidas a frio do éster resultante, à custa de uma reação de trans esterificação menos eficiente. Um processo de produção por trans esterificação lipídica é usado para converter o óleo básico para os ésteres desejados.

Quaisquer ácidos graxos livres (em inglês free fatty acids FFAs) no óleo básico ou são convertidos em sabão e retirados do processo, ou são esterificados (rendendo mais biodiesel), utilizando um catalisador ácido.

Após essa transformação, ao contrário de óleo vegetal diretamente usado como combustível, o biodiesel tem propriedades de combustão muito semelhantes às do óleo diesel de petróleo, podendo substituí-lo nos usos mais correntes.

#### **5.5.8- Programa biodiesel no Brasil**

O programa Biodiesel é um projeto do governo brasileiro, que tem como missão promover em curto prazo.

A fusão dos recursos renováveis (combustível vegetal) com os esgotáveis (petróleo), subentendendo-se que somente as refinarias autorizadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) do Brasil poderão proceder a mistura dos esgotáveis com os renováveis e, conseqüentemente, a comercialização através de conveniados.

#### **5.5.9- Importância estratégica do biodiesel no Brasil**

A produção do biodiesel pode cooperar com o desenvolvimento econômico de diversas regiões do Brasil, uma vez que é possível explorar a melhor alternativa de matéria-prima, no caso fontes de óleos vegetais, tais como óleo de amendoim, soja, mamona, dendê, girassol, algodão, outros, dependendo da região.

Entre todas as culturas, a soja constitui como a principal fonte de biodiesel.

O consumo do biodiesel e de suas misturas BX pode ajudar um país a diminuir sua dependência do petróleo (a chamada "petrodependência") e contribuir para a redução da poluição atmosférica. Uma vez que o biodiesel não contém enxofre em sua composição, além de gerar alternativas de empregos em áreas geográficas menos propícias para outras atividades econômicas, promovendo assim, a inclusão social.

Foi antecipada em três anos a mistura de 5% de biodiesel ao óleo diesel no Brasil. O chamado B5, que entraria em vigor apenas em 2013, passou a ser instituído em janeiro de 2010.

#### **5.5.10- Projeto piloto**

Cidades como Curitiba, capital do Estado do Paraná, Brasil, possuem frotas de ônibus para transporte coletivo, movidas a biodiesel. Esta ação reduziu substancialmente a poluição ambiental, aumentando, portanto, a qualidade do ar e, por consequência, a qualidade de vida num universo populacional de três milhões de habitantes.

A partir de agosto de 2009, ônibus, especialmente adaptados para usar biodiesel B100, entraram em circulação na capital paranaense. Tal como foi utilizado este método que teve um sucesso extraordinário no campo da melhoria da qualidade do ar em Curitiba.

Sugere-se, pois, às autoridades competentes a adoção dos mesmos métodos adotados em Curitiba, para a cidade de Belo Horizonte e sua região metropolitana.

#### **5.5.11- Outros projetos**

O Rio de Janeiro também possui parte de sua frota automotiva coletiva movida pelo Biodiesel. Acredita-se que até 2010, mais de 500 cidades tenham implantado o biodiesel em suas bombas.

A Vale usou o biodiesel B20 em suas locomotivas em 2007, a partir de um acordo pontual realizado entre a empresa e a Petrobras. Antecipando-se à regulamentação (que prevê o uso do B5 em 2013 e do B20 em 2020), a Vale usará

em 2014, o B20 para alimentar toda a frota de 216 locomotivas do Sistema Norte, bem como máquinas e equipamentos de grande porte das minas de Carajás.

Estima-se que a produção anual de óleo seja de 500 mil toneladas. Este volume de biodiesel corresponde à redução de cerca de 12 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente na atmosfera durante a duração do projeto, em relação às emissões do diesel comum, desconsideradas as emissões relativas à cadeia produtiva do biodiesel.

Esse quantitativo corresponde à emissão de mais de 200 mil carros circulando no mesmo período.

#### **5.5.12- Aspectos econômicos do biodiesel no Brasil**

Em 2002, a demanda total de diesel no Brasil foi de 39,2 milhões de metros cúbicos, dos quais 76% foram consumidos em transportes. O país importou 16,3% dessa demanda, o equivalente a US\$ 1,2 bilhão. Como exemplo, a utilização de biodiesel a 5% no país, demandaria, portanto, um total de dois milhões de metros cúbicos de biodiesel.

Em outubro de 2009, a expectativa era de que o B5 aumentasse a produção de biodiesel para 2,4 bilhões de litros em 2010, fortalecendo a posição do Brasil na liderança mundial de energias renováveis em escala comercial.

## 6 DISCUSSÃO

De acordo com a pesquisa realizada, todas estas atrocidades causadas pelos excessos de fumaça expelidos pelas descargas de veículos do ciclo Diesel, e também do ciclo Otto, prioritariamente do ciclo diesel que é o objetivo desta pesquisa, tiveram início em 1930, com a deflagração da Revolução Industrial, quando as transformações ocorridas trouxeram uma gama de acontecimentos que degradaram incontrolavelmente o meio ambiente, devido ao imenso desenvolvimento no campo das invenções.

O campo das indústrias automobilísticas, principalmente, ocasionou a construção não controlada de veículos, gerando assim uma grande concentração de gases poluentes na atmosfera, que são emitidos pelas descargas dos mesmos.

Lavoisier, o primeiro cientista que anunciou o princípio da conservação da matéria e identificou e batizou o oxigênio, refutou a teoria flogística que participou na reforma da nomenclatura química. Célebre por seus estudos sobre a conservação da matéria, mais tarde foi imortalizado pela frase popular: “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. Mesmo não sabendo que, ao proclamar tal frase, estaria fazendo uma premonição das contaminações que o ser humano iria causar ao meio ambiente.

Os combustíveis, ora pesquisados, são também os responsáveis pela geração de energia que, alimenta os setores industriais, elétricos e de transportes de grande parte das economias do mundo. Portanto, colocá-los de lado, atualmente, é extremamente complicado, o que obrigaria o homem a estar indefinidamente cometendo o mesmo erro, pois seu progresso depende do manuseio destes combustíveis.

Faz-se necessária, desta forma, a criação de mais centros de pesquisas que possam promover estudos sobre como controlar os excessos de gases que são emitidos na atmosfera por intermédio das descargas dos veiculares.

O Protocolo de Quioto, assinado e ratificado pelo Brasil, determina que os países desenvolvidos signatários tenham um prazo até 2012 para reduzir as emissões de gases do efeito estufa em cerca de 5%, em conformidade com apresentações ocorridas em 1990. Este fato fará do setor de transportes peça

fundamental em responsabilidade, quanto à movimentação de veículos em vias públicas.

O Brasil, mesmo sendo um país em fase de desenvolvimento, é notoriamente também uma das preocupações mundiais, no que tange a poluição ambiental, devido ao seu enorme aumento de números de veículos que circulam em suas ruas, avenidas, estradas e rodovias.

O mais alarmante é que a sua frota de veículos a cada ano aumenta assustadoramente, como é possível observar em Belo Horizonte e em sua área metropolitana crescimento este que custa muito caro para o controle do ar que respiramos.

Neste trabalho, procurou-se discutir a participação relativa das fontes veiculares de emissão de substâncias poluentes, além de apresentar e discutir algumas políticas públicas adotadas no Brasil, nos últimos 20 anos, para redução das emissões veiculares.

Por fim, são apresentadas algumas considerações sobre o tema e uma referência básica para quem pretende se aprofundar no assunto.

Nota-se um grande desempenho de alguns Estados e municípios brasileiros para se cumprir o protocolo de Quioto, nota-se nitidamente, que uns são mais empenhados que os outros, o que não deixa de ser preocupante, pois a frota de veículos que circulam nas malhas rodoviárias brasileiras a cada ano se torna maior.

No que se refere a Belo Horizonte e à sua área metropolitana, que é o foco central deste trabalho, nota-se claramente que a situação é alarmante, pois existe pouco empenho das autoridades governamentais para a busca de soluções para o problema.

São realizadas poucas blitz, e as que acontecem, não detectam o número real de incidências de emissão de excesso de fumaça. É necessário um aumento no número destas blitz e que elas possam abranger todas as áreas metropolitanas.

De acordo com os acontecimentos, pode-se então ponderar que a melhor forma para se amenizar a situação é o uso do biodiesel, uma vez que o mesmo é um combustível que pode ser renovado. A sua mistura com o diesel, que é fóssil, diminui o seu potencial de poluição, tornando-o assim o produto desta mistura mais viável para o uso na atualidade, até que se descubra um novo produto menos poluente.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostra em seus resultados algumas considerações sobre prováveis medidas mitigadoras que o Poder Público pode realizar, uma vez que os dados pesquisados e manifestados neste estudo são de fontes balizares, bem como as pessoas nele citadas são gestoras e gerenciadoras da ordem pública.

Observa-se que se não for tomada nenhuma medida no que tange ao controle das emissões de gases poluentes na atmosfera pelas descargas dos veículos do ciclo Diesel, a tendência é que a qualidade do ar que se respira em Belo Horizonte e em sua região metropolitana torne-se de péssima qualidade, desencadeando assim, casos cada vez mais agravantes no trato de doenças, como: o câncer, enfisemas pulmonares e doenças do trato respiratório.

Também poderá haver um aumento das depredações piores do que aquelas já ocorridas na flora e fauna, sem falar nos agravos da destruição das fachadas de prédios e casas, que causam um enorme caos na qualidade de vida de Belo Horizonte e de sua região Metropolitana.

Estes impactos já estão gerando enormes gastos públicos, como o tratamento das doenças ocasionadas pelas emissões dos excessos de gases tóxicos emitidos pelas descargas dos veículos. Por conseguinte, existem diversas medidas apresentadas na literatura científica, para a amenização dos efeitos da poluição do ar, conseqüentemente, podendo diminuir os casos de doenças de ordem respiratória, que atingem a população.

Entre essas medidas, tem-se: a arborização das áreas mais movimentadas na cidade, criação de corredores de ventilação, criação de leis que regulamentem a emissão de poluentes veiculares, educação ambiental, no intuito esclarecer aos condutores sobre a importância na regulação e vistoria periódica em seus veículos. Além de diminuir a emissão de poluentes responsáveis pela poluição do ar, também deve-se diminuir o consumo excessivo de combustíveis fósseis. As tendências futurísticas levam à busca da substituição dos combustíveis fósseis, que não podem ser reconstituídos, por bicompostíveis, (biodiesel), que são renováveis.

Sobre a qualidade do ar na cidade de Belo Horizonte e sua área Metropolitana, pode-se verificar que a cidade já apresenta um quadro preocupante,

com relação aos fatores que potencializam esse tipo de poluição, notadamente, na sua crescente frota de veículos, principalmente as movidas por motores a diesel.

Os congestionamentos em algumas áreas na cidade são fatores que têm repercutido na aparição de sintomas negativos à saúde das pessoas, que trabalham nos centros comerciais pesquisados Também a depredação na natureza ambiental das localidades onde ocorrem estes fatos, assim como nas fachadas de prédios, mas principalmente, sua contribuição para o efeito estufa.

O estudo não tem a pretensão de encerrar o assunto, mas deixá-lo em aberto, para que futuras pesquisas possam se orientar através dos resultados deste trabalho, como também que o mesmo possa ter uma repercussão positiva, ao ser utilizado como fonte de consulta, tanto para a comunidade acadêmica, como para a sociedade em geral. Este estudo poderá servir como instrumento para os órgãos públicos de subsídio para Políticas Públicas ligadas ao planejamento urbano, relacionado à qualidade do ar da cidade e região pesquisadas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis** – 2009. Rio de Janeiro, 2009.

ÁLVARES JR. O. M.; LINKE, R. R. A. **Metodologia simplificada para cálculo das emissões de gases de efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. São Paulo: CETESB, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR (ABEN). **Análise comparativa das alternativas energéticas**. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. **Constituição Federal. Art. 225**. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em 10 de setembro de 2012.

CARVALHO, C. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Brasília, abril de 2011.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 08/93**. DOU de 21.10.93. Disponível em: [pt.scribd.com/doc/87973565/Resolucao-CONAMA-Nº-416](http://pt.scribd.com/doc/87973565/Resolucao-CONAMA-Nº-416). Acesso em 20 de maio de 2011.

CONAMA. **Emissões Atmosféricas: 05/1989: Pronar - Programa Nacional de Qualidade do Ar. Lei nº 8723/1993**. Disponível em: [www.ipt.br/download.php?filename=35-Emissoes\\_atmosfericas.pdf](http://www.ipt.br/download.php?filename=35-Emissoes_atmosfericas.pdf). Acesso em: 15 de março de 2011.

COSTA, Y. J. R. **Análises Energética e Exergética de um Motor de Combustão Interna Operando com Mistura de Diesel e Gás Natural**. Campina Grande: Pós-graduação em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande : 2007. 185p.

DIAS, Genebaldo Freire Dias. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. São Paulo: Gaia, 2006.

EMBRAPA. **Agrobiologia**. Disponível em: [www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/cit027](http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/cit027). Acesso em: 20 de maio de 2011.

FEAM. **Plano de controle de poluição veicular de Minas Gerais - PCPV/MG.** Disponível em: [www.feam.br](http://www.feam.br) › Monitoramento. Acesso em: 12 de março de 2011.

JERRETT, M. *et al.* Long-Term Ozone Exposure And Mortality. **Journal of Medicine**, New England, v. 360, n. 11, p. 1085-1095, 12 Mar. 2009.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change.** Disponível em: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). Acesso em 20 de maio de 2011.

IPCC. **Problemas Ambientais.** Disponível em: <http://www.prof2000.pt/users/filipe/pessoa/ambiente/problemas-ambiente.htm#1>. Acesso em 20 de maio de 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diesel menos poluente começa a ser obrigatório.** Disponível em: [www.mme.gov.br/mme/noticias/destaque3/destaque\\_366.html](http://www.mme.gov.br/mme/noticias/destaque3/destaque_366.html). Acesso em: 15 de março de 2012.

NTU. **BRT em Belo Horizonte.** Disponível em: [www.ntu.org.br/novosite/arquivos/Ramon\\_Victor.pdf](http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/Ramon_Victor.pdf). Acesso em 10 de fevereiro de 2012.

SALDIVA, P. H. N. *et al.* **Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve) - Emissões de poluentes atmosféricos por fontes móveis e estimativa dos efeitos em saúde na RMSP:** cenário atual e projeções. São Paulo: USP/Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, 2007.

WIKIPEDIA. **Ciclo do diesel.** Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor\\_a\\_diesel](http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_diesel). Acesso em 14 de abril de 2012.