

ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE POLUENTES POR VEÍCULOS PESADOS A DIESEL, MINAS GERAIS, BRASIL – 2007

Edwan Fernandes Fioravante¹, Elisete Gomides Dutra¹, Leonardo Victor Pita Figueiredo¹

¹ Fundação Estadual do Meio Ambiente, Rua Espírito Santo Nº 485, Centro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *elisete.gomides@meioambiente.mg.gov.br

Área Temática: Aspectos ambientais

Resumo

Em Minas Gerais, os veículos pesados são grandes responsáveis pela participação do setor de transporte na poluição atmosférica, apesar de serem apenas 6% da frota total que passa de 5 milhões de veículos. Desses, 78,9% são do tipo “caminhão” e o restante de veículos destinados ao transporte coletivo de passageiros. Para estimar a emissão de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x) dessa frota, foram utilizados os fatores de emissão e fatores de deterioração da EPA para esses poluentes. Já os fatores de emissão de fumaça foram determinados com base nesses fatores e a emissão média de fumaça observada para veículos fabricados entre 2000 e 2004, inspecionados em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais. Considerando a frota de caminhão e ônibus em 2007, a estimativa da emissão total de hidrocarbonetos correspondeu a aproximadamente 92.132 toneladas por ano. Para os poluentes monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio, as estimativas totais corresponderam a 282.773 t/ano e 217.023 t/ano, respectivamente. Observou-se que aproximadamente 30% dessas emissões referem-se à frota de apenas dez municípios dentre os 853 municípios do Estado. Foi possível constatar que a relação da emissão de gases poluentes (HC, CO e NO_x) é influenciada diretamente pelo tamanho da frota do município; ao passo que, com relação à opacidade, o que mais interfere é a idade média da frota. A comparação e análise desses valores comprovam a deficiência do transporte público coletivo em Minas Gerais e a necessidade de implantação de um programa de inspeção periódica dos veículos em circulação.

PALAVRAS CHAVES: Poluição Atmosférica, Emissão Veicular, Veículos a Diesel, Fator de Emissão.

INTRODUÇÃO

Os elementos naturais, ar, água e solo são necessários à sobrevivência dos seres vivos e, no entanto, todos são diretamente afetados e prejudicados pela poluição. No que corresponde à qualidade do ar, foco deste artigo, a poluição atmosférica, vem sendo agravada desde a utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia. A combustão dessa fonte energética gera poluentes atmosféricos que causam impactos em diferentes escalas. Em nível local, tem-se a poluição das cidades com a constante emissão de monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e materiais particulados. Em nível regional, têm-se as chuvas ácidas que acarretam acidificação das águas fluviais e do solo, além de degradação de edificações e patrimônios histórico-culturais. Por fim, têm-se os impactos em nível global, como a intensificação do efeito estufa e o aquecimento global [1].

Diante da significativa taxa de emissões de poluentes atmosféricos por veículos automotores e motocicletas, em 1986, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu, no Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). O PROCONVE tem por objetivo reduzir a contaminação atmosférica por veículos automotores, mediante fixação dos limites máximos de emissão e prazos para atendimento, induzindo o desenvolvimento tecnológico da indústria automotiva e a melhoria da qualidade dos combustíveis comercializados.

Os veículos pesados são os grandes responsáveis pela participação do setor de transporte na poluição atmosférica, desempenhando um papel importante para sociedade na área de transportes de bens e materiais, sendo utilizados basicamente para o transporte de carga, em caminhões, e de passageiros, em ônibus. Por ser de

grande utilização, acarretam sérios problemas para a qualidade do ar; já que os mesmos funcionam, principalmente, a base de óleo diesel.

De acordo com os dados do Ministério e Ciência e Tecnologia (MCT) [2], as vendas de veículos a diesel sofreram grandes variações no decorrer das três últimas décadas. Entretanto, pode-se inferir que, a partir da década de 60, houve um crescimento constante e significativo que pode ser explicado pela preferência do país pela modalidade rodoviária, como principal meio de transporte de carga, a partir da década de 50. Sendo assim, os responsáveis pelo setor automotivo do Brasil, naquela época, definiram que o diesel seria de uso exclusivo para carga e transporte coletivo. Essa política tinha como objetivo favorecer o uso social do diesel com um preço menor por energia fornecida. Esta tendência foi acentuada após o primeiro choque de petróleo em 1973, quando a participação do diesel nos veículos comerciais pesados chegou a praticamente 100%.

O aumento do número de veículos a diesel implica em uma maior emissão de poluentes, neste caso, com maior ênfase em materiais particulados e os óxidos de nitrogênio. O uso de filtros e catalisadores pode reduzir bastante a emissão destes poluentes, porém, a instalação dessas tecnologias de controle de emissão depende da disponibilidade de diesel com baixo teor de enxofre, de um modo geral, menor que 50 partes por milhão (50 ppm). Concentrações mais altas tendem a danificar os sistemas, reduzindo a eficiência de filtros e catalisadores. Ressalta-se que são altos os teores de enxofre presentes no diesel comercializado no Brasil, sendo da ordem de 500 ppm para regiões metropolitanas e 1800 ppm para as regiões restantes. Somente em 2009, por exigência do Ministério Público Federal, teve início a comercialização de diesel com 50 ppm de enxofre em alguns poucos municípios considerados críticos com relação à poluição do ar.

Tendo em vista o aumento da frota de veículos pesados a diesel, os altos teores de enxofre no diesel e o atraso no desenvolvimento tecnológico dos motores e sistemas de controle de emissão nesse tipo de veículo, é proposta desse artigo estimar os fatores de emissão de fumaça, assim como as emissões de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e fumaça preta (opacidade) em toneladas por ano, da frota de veículos pesados a diesel de Minas Gerais. Essas informações poderão ser utilizadas para o planejamento de ações de caráter preventivo ou corretivo, como indicador da eficácia das ações desenvolvidas no âmbito do PROCONVE e em estudos de avaliação de impacto ambiental.

METODOLOGIA

A metodologia de cálculo utilizada para estimar as emissões é semelhante à do EPA [3], entretanto algumas adaptações foram feitas devido às particularidades do estado de Minas Gerais. Para obter as taxas de emissão dos hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x) foram utilizados os fatores de emissão e os fatores de deterioração divulgados pela EPA [3] mostrados na Tabela (1). A EPA fornece dados para dois tipos de região, uma de baixa altitude e outra de alta altitude. Minas Gerais é considerado o estado de maior altitude do Brasil devido às características do seu relevo, justificando assim, a utilização dos fatores para regiões de alta altitude.

A quilometragem média anual de 80.000 quilômetros, estipulada pela CETESB [4] para veículos a diesel da Região Metropolitana de São Paulo, foi utilizada no cálculo. Para tal, foi considerado que a frota a diesel de Minas Gerais assemelha-se à daquela Região quanto à distribuição etária e quilometragem percorrida. Por fim, foram necessários os dados referentes à frota do estado de Minas Gerais que foram fornecidos pela Secretaria de Estado da Fazenda. Os dados da frota de veículos a diesel foram organizados por faixa etária de acordo com o estipulado pela EPA [3] e apresentado na Tabela (1). Os fatores de emissão e deterioração para fumaça foram estimados através de avaliação dos fatores de emissão e deterioração dos poluentes hidrocarbonetos e monóxido de carbono da EPA [3] em relação à emissão média de fumaça observada para os veículos fabricados entre 2000 e 2004, que foram inspecionados em Belo Horizonte pela FEAM[5]. Essa metodologia será apresentada no próximo item.

O cálculo da taxa de emissão dos poluentes mencionados consiste na multiplicação do fator de deterioração pela quilometragem média, dividida por 10.000 milhas, somados ao fator de emissão de veículos novos. É importante mencionar que os dados da Tabela (1), fornecidos pelo EPA [3], encontram-se em gramas por milhas, sendo necessário fazer as conversões para que o resultado seja fornecido em gramas por quilometro, tendo como base, a relação de que uma milha corresponde a 1,609344 quilômetros. Com base nos fatores de emissão e deterioração apresentados na Tabela (1) e na distribuição da frota de veículos pesados movidos a diesel, por ano de fabricação, a emissão total de cada poluente, em gramas, pode ser estimada através da Eq. 1:

$$emissão \ total = \sum_{i=pre}^{2007} N_i \left(FE_i + FD_i * \frac{Milhas_i}{10.000} \right) \quad (1)$$

onde, N_i representa o total de veículos com ano de fabricação “i”, FE_i e FD_i são os fatores de emissão e deterioração para cada poluente, em gramas por milha, para cada veículo com ano de fabricação pertencente à faixa “i”; e Milhas_i corresponde ao total acumulado de milhas percorridas pelos veículos com ano de fabricação pertencente à faixa “i” [3].

Tabela 1
Fatores de emissão (FE) e deterioração (FD) para hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos nitrogênio, em gramas por milha, para veículos pesados a diesel, em altas altitudes, e fatores estimados para fumaça (opacidade).

Ano de fabricação	Hidrocarbonetos ¹		Monóxido de carbono ¹		Óxidos de nitrogênio ¹		Fumaça (opacidade) ²	
	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD
Pré 1967	8,13	0,06	18,05	0,14	22,99	0,17	1,51	0,10
1967 a 1968	8,43	0,06	18,71	0,15	23,83	0,18	1,57	0,11
1969	8,70	0,06	19,30	0,15	24,59	0,18	1,62	0,11
1970	8,77	0,06	19,47	0,15	24,80	0,19	1,63	0,11
1971 a 1973	9,01	0,06	19,99	0,16	25,46	0,19	1,68	0,11
1974 a 1976	9,00	0,06	19,97	0,16	25,44	0,19	1,67	0,11
1977	9,19	0,06	20,38	0,16	25,97	0,19	1,71	0,11
1978	9,02	0,06	20,01	0,16	25,50	0,19	1,68	0,11
1979	8,07	0	24,56	0,12	23,78	0	1,74	0,06
1980 a 1981	7,28	0	22,17	0,11	21,47	0	1,57	0,06
1982	6,37	0	19,39	0,09	18,77	0	1,37	0,05
1983	6,13	0	18,65	0,09	18,06	0	1,32	0,05
1984	6,47	0	19,71	0,10	19,08	0	1,39	0,05
1985	5,95	0	18,11	0,09	17,53	0	1,28	0,05
1986	5,25	0	18,13	0,09	17,56	0	1,20	0,05
1987	5,14	0	17,75	0,09	17,18	0	1,18	0,05
1988 a 1989	5,01	0	17,32	0,08	16,77	0	1,15	0,04
1990	4,90	0	16,92	0,08	9,87	0	1,12	0,04
1991 a 1997	4,83	0	16,69	0,08	8,13	0	1,11	0,04
1998 a 2000	4,82	0	16,67	0,08	6,49	0	1,10	0,04
2001 a 2007	4,82	0	16,66	0,08	6,49	0	1,10	0,04

¹ EPA [3]

² FEAM [5]

Para obtenção da emissão, em gramas por quilômetro, utilizando a informação que, em média, os veículos pesados movidos a diesel do estado de Minas Gerais rodam 80.000 quilômetros por ano, a Eq. 1 pode ser escrita na forma apresentada pela Eq.2:

$$emissão\ total = \sum_{i=pré\ 1967}^{2007} N_i \left(\frac{FE_i}{1,609344} + \frac{FD_i}{1,609344} * \frac{80.000Km}{10.000 * 1,609344Km} \right) \quad (2)$$

Metodologia para determinação dos fatores de emissão e deterioração de fumaça

Os fatores de emissão e determinação de fumaça para veículos a diesel não foram encontrados na bibliografia. Assim, a inovação desse trabalho é a utilização da emissão média obtida, em pesquisa de campo, para os veículos fabricados entre 2000 e 2004, que foi adotada como valor de referência, para determinar os fatores de emissão dos veículos fabricados antes de 2000. Essa média foi obtida, tendo como base os veículos pesados movidos a diesel em Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, inspecionados durante o desenvolvimento do projeto "Inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial" [5]. Nesse projeto, para os

veículos fabricados entre 2000 e 2004, a emissão média foi considerada representativa e correspondeu a, aproximadamente, $1,10 \text{ m}^{-1}$.

Para estimar o fator de emissão de fumaça dos veículos novos, ao sair de fábrica, cujo ano de fabricação é anterior a 2000, foi utilizada a média da variação relativa dos fatores de emissão de HC, CO e NOx da EPA [3], para cada faixa de ano de fabricação em relação à faixa anterior. A variação relativa calculada entre as faixas “2001 a 2007” e “1998 a 2000” foi aplicada ao valor de referência adotado para a faixa de “2001 a 2007”. Esse cálculo foi repetido sucessivamente até obter o fator de emissão para o ano de fabricação anterior a 1967. Ao fazer isso, supõe-se que os veículos de 2000 a 2004, que foram inspecionados em Belo Horizonte, podem ser considerados como novos, pois o projeto de pesquisa [5] foi realizado no período de 2003 a 2005. Esse procedimento também foi realizado considerando a média da variação relativa dos fatores de emissão de HC e CO, supondo que esses dois poluentes teriam uma relação direta com a emissão de fumaça pois são produtos de combustão incompleta do diesel.

Os fatores de deterioração para fumaça correspondem à média dos fatores de deterioração dos poluentes utilizados para estimar os fatores de emissão de poluentes. Ao contrário dos demais poluentes, para a emissão total de fumaça não foi utilizada a quilometragem total percorrida anualmente, pois, no projeto de inspeção veicular, a emissão de fumaça não foi medida a cada quilômetro, mas sim, de forma "instantânea". Em relação ao fator de deterioração, eles foram multiplicados por 10, de forma similar aos demais poluentes, pois foi considerado que esses veículos têm milhagem acumulada de 100.000 milhas. Como se trata de um índice, ele não será somado, caso contrário, a soma extrapolaria o valor máximo da escala de opacidade. Será calculada a média ponderada dos coeficientes de absorção K, cujo limite para aprovação em programas de inspeção veicular é $2,5 \text{ m}^{-1}$.

De acordo com o Decreto-Lei nº 67/2007 de 26 de março, a relação entre a opacidade, escala linear de 0 a 100 (%), e o coeficiente de absorção K (m^{-1}) é determinada pela Eq.3:

$$k = -(1/L) \cdot \log_e(1 - N/100), \quad (3)$$

em que N representa uma leitura da escala linear e K o valor correspondente do coeficiente de absorção. De acordo com a lei de Lambert-Beer, k está relacionado com a opacidade segundo a Eq. 4:

$$Op = 100 \cdot [1 - \exp(-k \cdot L)], \quad (4)$$

onde L é o caminho óptico e equivale a 0,364 metros para o opacímetro utilizado no projeto “Inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial” [5].

Segundo as fases de implantação do PROCONVE, o limite de emissão de fumaça por veículos novos pesados movidos a diesel é de $2,5 \text{ m}^{-1}$. Portanto, utilizando a equação anterior, conclui-se que o limite aceitável de opacidade (%) é de:

$$Op = 100 \cdot [1 - \exp(-2,5 \cdot 0,364)] \quad (5)$$

que equivale a 59,75 ou seja 59,80%.

RESULTADOS

Ao utilizar os fatores de emissão dos poluentes HC, CO e NO_x para determinar os fatores de emissão do poluente fumaça para veículos quando novos, que foram fabricados antes de 2000, obteve-se fatores de emissão que, em média, apresentaram-se maiores do que aqueles obtidos ao utilizar apenas os fatores de emissão dos poluentes HC e CO. No primeiro caso, ou seja, com base nos fatores de HC, CO e NO_x, a média dos fatores de emissão de fumaça, para veículos fabricados até 1987, ao sair de fábrica, corresponde a $2,12 \text{ m}^{-1}$; ao passo que, no segundo caso, essa média correspondeu a $1,51 \text{ m}^{-1}$. Para os veículos fabricados até 1987, que foram inspecionados em Belo Horizonte, observou-se que, há indícios, de que a emissão de fumaça por veículos em uso está próxima de $2,0 \text{ m}^{-1}$. Portanto, é razoável admitir que esses veículos de Belo Horizonte, quando saíram de fábrica, apresentavam uma emissão média menor, ou seja, mais próxima de $1,51 \text{ m}^{-1}$; confirmando, assim, a utilização apenas dos fatores de emissão de HC e CO para determinar os fatores de emissão de fumaça.

Considerando a frota de caminhão e ônibus do estado de Minas Gerais em 2007, a estimativa da emissão total de hidrocarbonetos foi de 92.132 toneladas por ano. Para monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio as estimativas totais corresponderam a 282.773 t/ano e 217.023 t/ano, respectivamente. Aproximadamente 30% dessas emissões totais são devidas à frota de dez municípios: Belo Horizonte, Betim, Contagem, Divinópolis,

Governador Valadares, Juiz de Fora, Montes Claros, Sete Lagoas, Uberaba e Uberlândia. A Tabela (2) apresenta as estimativas das emissões totais obtidas para as frotas de caminhões e ônibus desses municípios.

Tabela 2
Emissão total (toneladas) de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio das principais frotas de veículos pesados de Minas Gerais, 2007.

Município	Hidrocarbonetos	Monóxido de carbono	Município	Óxidos de nitrogênio
Belo Horizonte	10.644,7	34.478,1	Belo Horizonte	22.706,0
Contagem	3.888,8	12.540,8	Contagem	8.176,8
Uberlândia	3.464,4	11.036,9	Uberlândia	7.488,6
Juiz de Fora	1.928,9	5.923,7	Juiz de Fora	4.352,2
Betim	1.729,8	5.643,9	Uberaba	3.858,4
Uberaba	1.599,5	4.846,2	Betim	3.532,3
Montes Claros	1.439,8	4.479,2	Montes Claros	3.410,7
Divinópolis	1.223,0	3.801,8	Divinópolis	2.858,2
Sete Lagoas	1.195,5	3.637,9	Sete Lagoas	2.801,7
Governador Valadares	1.088,1	3.430,2	Governador Valadares	2.386,1

Nota: para todos os anos de fabricação, foi considerada a quilometragem média anual percorrida pelos veículos pesados a diesel igual a 80.000 km.

Ao analisar a emissão total dos poluentes da frota de veículos pesados do estado de Minas Gerais, verifica-se que grande parte dela se deve aos caminhões, conforme pode ser visualizado na (fig. 1).

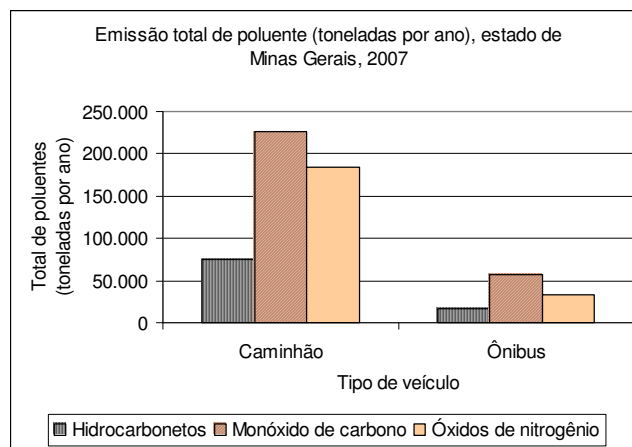


Fig. 1: Emissão total de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio pela frota de veículos pesados a diesel de Minas Gerais, 2007.

A maior contribuição do caminhão na emissão total deve-se ao fato de que, dentre os 299.632 veículos pesados movidos a diesel do estado de Minas Gerais, 236.535 (78,9%) são do tipo “caminhão”.

Em relação à idade da frota, percebe-se, através da (fig. 2), que 50% da frota apresentava, no máximo, dez anos de uso, em 2007, ou seja, metade da frota apresentava ano de fabricação entre 1997 e 2007. Para essa faixa de ano de fabricação, o fator de deterioração dos veículos, quanto à emissão de hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio, é considerado nulo pela EPA [3].

Com relação à emissão de fumaça, o que se pode observar na Tabela (3) é que os 10 municípios com os maiores níveis médios de opacidade diferem por completo dos 10 municípios com as maiores emissões de HC, CO e NO_x apresentados na tabela (2). Dessa forma, pode-se inferir que a relação da emissão de HC, CO e NO_x é influenciada diretamente pelo tamanho da frota do município. Com relação à opacidade, o que mais interfere é a idade média da frota. Sendo assim, os municípios cujos veículos apresentaram a maior opacidade média apresentavam também a frota mais antiga.

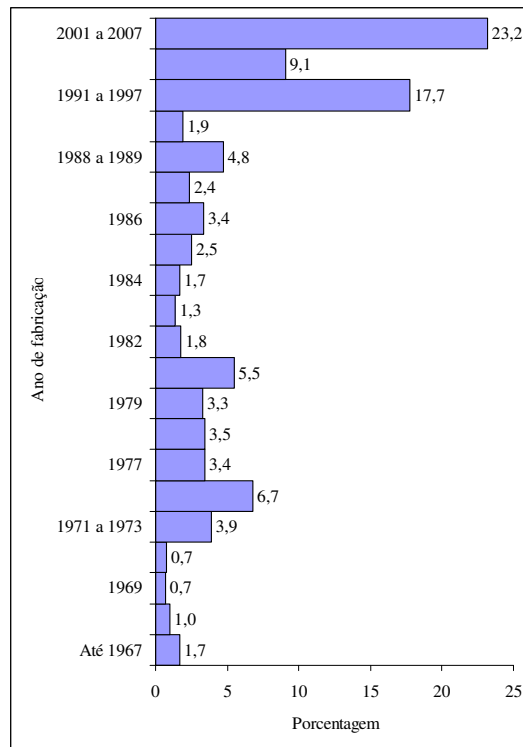


Fig. 2: Distribuição percentual da frota de veículos pesados a diesel do estado de Minas Gerais por faixas de anos de fabricação

Tabela 3
Nível médio de opacidade para os municípios cujos veículos apresentaram os maiores valores.

Município	Caminhão	Ônibus	Caminhão e ônibus
	Opacidade (%)	Opacidade (%)	Opacidade (%)
Divisa Nova	54,50	53,93	54,22
Santana do Jacaré	51,36	56,13	53,81
Capetinga	54,71	52,00	53,37
Aguanil	54,05	52,63	53,34
Santa Rosa da Serra	55,01	50,10	52,62
Moema	50,15	54,89	52,57
Santa Maria do Suaçuí	52,62	51,98	52,30
Santa Rita do Ibitipoca	53,02	51,54	52,29
Desterro do Melo	53,74	50,65	52,22
Frei Lagonegro	60,55	42,09	52,21

Na Tabela (4), está relacionada a idade média da frota dos 10 municípios que possuem a maior emissão de HC, CO e NO_x assim como os 10 municípios que possuem os maiores níveis de opacidade. É possível observar que a frota dos municípios que possuem a maior taxa de emissão de poluentes é, em média, 7 anos mais nova do que a dos municípios que possuem maiores níveis de opacidade.

Tabela 4
Idade média da frota dos municípios cujos veículos apresentaram maiores opacidades (%) e maiores emissão de HC, CO e NO_x

Municípios de maior opacidade	Idade média da frota	Municípios de maior emissão de HC, CO e NO _x	Idade média da frota
Divisa Nova	26	Belo Horizonte	14
Santana do Jacaré	25	Contagem	14
Capetinga	27	Uberlândia	15
Aguanil	26	Juiz de Fora	26
Santa Rosa da Serra	26	Betim	13
Moema	25	Uberaba	18
Santa Maria do Suaçuí	25	Montes Claros	17
Santa Rita Do Ibitipoca	23	Divinópolis	17
Desterro do Melo	26	Sete Lagoas	17
Frei Lagonegro	17	Governador Valadares	25
Média	24,6	Média	17,6

CONCLUSÃO

A frota total de Minas Gerais, considerando todos os tipos de veículos e combustíveis, chega ao número de 5.069.015, sendo que destes, somente 299.632 (5,91%) são veículos pesados a diesel. Os veículos pesados a diesel ainda podem ser separados em caminhões e ônibus, sendo que apenas 63.097 (21,1%) são ônibus. A comparação e análise desses valores comprovam a deficiência do transporte público coletivo no estado e a suposta preferência da população pelo transporte individual além da necessidade de implantação de um programa de inspeção periódica dos veículos em circulação.

A metodologia desse estudo utilizou a quilometragem média anual percorrida igual a 80.000 quilômetros, para todos os anos de fabricação, portanto, não é possível observar, completamente, a influência das atividades dos veículos pertencentes às diferentes faixas de ano de fabricação na emissão total de poluentes. Outro item que pode ser melhorado refere-se aos fatores de emissão e deterioração que comumente são usados dos Estados Unidos. Entretanto, é necessário um estudo que inclua medições de campo, conforme foi realizado por Dutra [6] para definição dos fatores de emissão e deterioração de veículos do ciclo Otto.

Três municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte classificaram-se dentre os dez municípios que contribuem com, aproximadamente, 30% da emissão total de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio do estado de Minas Gerais. As frotas de veículos pesados a diesel desses municípios: Belo Horizonte, Contagem e Betim correspondem a 12,6%, 4,6% e 2,1%, respectivamente, da frota do estado de Minas Gerais.

Diante dessa constatação, recomenda-se que, se pesquise, primeiramente, a emissão de poluentes por veículos pesados movidos a diesel do município de Belo Horizonte. Um fator facilitador para esse estudo seria a contribuição da Secretaria Adjunta de Meio Ambiente de Belo Horizonte, que adquiriu experiência na inspeção de veículos pesados através de atividades de fiscalização.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Avaliação do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. Brasília: MMA, 2006.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/full/17341.html>>. Acesso em: 30 set. 2008.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. AP-42: compilation of air pollutant emission factors. Disponível em <<http://www.epa.gov/oms/ap42.htm>>. Acesso em: 10 set. 2008.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. Inventário de emissão veicular – 1992: metodologia de cálculo. São Paulo: CETESB, 1994.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Projeto Inspeção veicular: capacitação e avaliação inicial. Belo Horizonte: FEAM, 2005.

6. DUTRA, E. G. Metodologia teórico-experimental para determinação dos parâmetros básicos para elaboração de inventários de emissão de veículos leves do ciclo Otto. 2007. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

NOMENCLATURA

N_i	representa o total de veículos pertencentes à faixa de fabricação “i”
FE_i	fatores de emissão para cada poluente, para cada veículo com ano de fabricação pertencente à faixa “i”; (g/milha)
FD_i	fatores deterioração para cada poluente, para cada veículo com ano de fabricação pertencente à faixa “i”;(g/milha)
$Milhas_i$	corresponde ao total acumulado de milhas percorridas pelos veículos com ano de fabricação pertencente à faixa “i”
N	representa uma leitura da escala linear para medição de fumaça
K	coeficiente de absorção
L	é o caminho óptico (m)