

EMISSÃO DE GASES POLUENTES POR VEÍCULOS AUTOMOTORES EM ÁREA URBANA

Sâmia Momesso Marques¹

Luzenira Alves Brasileiro²

RESUMO

A emissão de gases poluentes tem sido, nas últimas décadas, um assunto de grande destaque nas discussões de impactos ambientais. Hoje, sabe-se que uma das principais fontes de poluentes para a atmosfera são os veículos automotores. A quantidade de poluente emitido por eles varia devido a existência de diferentes tipos de motores e ao uso de combustíveis diferenciados. O impacto gerado por estas emissões afeta os indivíduos de forma direta ou indireta. Em países de grandes extensões onde o transporte público, assim como o hidroviário e ferroviário não recebem os devidos investimentos para avançarem é comum encontrar uma frota cada vez maior de veículos, além de veículos muito antigos ou não revisados em circulação, piorando ainda mais os níveis de poluição. Sendo assim, a pesquisa realizada tem como objetivo quantificar a emissão de gases poluentes gerados por veículos automotores, estudando o caso para a cidade de Birigui – SP. Primeiramente foi realizado um estudo bibliográfico e após isto foi feita a coleta de dados e a identificação da emissão de poluentes por cada tipo de veículo que está em circulação. O método *Top-Down* foi utilizado para o cálculo das emissões de gases, ao comparar os resultados pode-se observar que os veículos movidos a diesel representam 11% da frota, porém eles são responsáveis por quase metade da emissão de gás carbônico. Este estudo é de grande importância para o desenvolvimento de propostas que melhorem o sistema de transporte, tornando-o mais sustentável e colaborando para a diminuição de gases poluentes no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Emissão de gases. Top-Down. Veículos.

EMISSION OF GREENHOUSE GASES FROM MOTOR VEHICLES INTO URBAN AREA

¹ Graduanda em Engenharia Civil, UNESP – Discente. samiamomqs@gmail.com

² Doutora em Engenharia de Transportes, UNESP – Docente. luzenira@dec.feis.unesp.br



ABSTRACT

The emission of greenhouse gases has been, in recent decades, a leading issue in discussions of environment impacts. Today, it is known that a major source of pollutants to the atmosphere are motor vehicles. The quantity of pollutant emitted by them varies because of the existence of deference of engines and the use of different fuels. The impact generated by these emissions affect individuals directly or indirectly. In countries with large areas where public transport, as well as the waterway and rail do not receive the appropriate investments to advance, it is common to find a growing fleet of vehicles, as well as very old or not revised vehicles in circulation, further worsening the pollution levels. Thus, the survey quantified the greenhouse gas emissions generated by motor vehicles, studying the case for the city of Birigui – SP. It was first performed a study and after it was made the collection of data and identification of pollutant emissions for each type of vehicles that is in circulation. The Top-Down was used for the calculation of emissions, to compare the results can be seen that the diesel vehicles account for 11% of the fleet, however they account for almost half of the carbon dioxide emissions. This present study is of great importance for the development of proposals to improve the transportation system, making it more sustainable and contributing to the reduction of pollutants in the environment.

KEY-WORDS: Gas emission. Top-Down. Vehicles.

EMISIÓN DE GASES POLUENTES POR VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN ZONA URBANA

RESUMEN

Las emisiones de gases de efecto invernadero ha sido, en las últimas décadas, una cuestión de gran importancia en las discusiones sobre los impactos ambientales. Hoy en día, se sabe que una fuente importante de contaminantes a la atmósfera son los vehículos de motor. La cantidad de contaminante emitido por ellos varía debido a la existencia de diferentes tipos de motores y el uso de diferentes combustibles. Los impactos generados por estas emisiones afectan a los individuos, directa o indirectamente. En países con grandes áreas en las que el transporte público, así como la vía fluvial y ferroviario no reciben las inversiones adecuadas para avanzar, es común encontrar una creciente flota de vehículos, así como los vehículos muy antiguos o no revisada en circulación, empeorando aún más la los niveles de contaminación. Por lo tanto, la encuesta apunta a cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los vehículos de motor, estudiando el caso de la ciudad de Birigui – SP. Fue estrenado el estudio y después de que se hizo la recolección de datos y la identificación de las emisiones contaminantes para cada tipo de vehículo que está en circulación. El método de arriba hacia abajo fue utilizado para el cálculo de las emisiones, para comparar los resultados se pueden ver que los vehículos diésel representan el 11% de la flota, sin embargo, representan casi la mitad de las emisiones de dióxido de carbono. El presente estudio es de gran importancia para el desarrollo de propuestas para mejorar el sistema de transporte, por lo que es más sostenible y contribuir a la reducción de contaminantes en el medio ambiente.

PALABRAS-CLAVE: Emisión de gases. Top-Down. Vehículos.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um problema ambiental que tem chamado muito a atenção nos últimos anos devido aos seus efeitos provocados diretamente à saúde da população e aos ecossistemas. Das fontes emissoras de gases poluentes presentes nos centros urbanos, dentre as mais preocupantes, encontram-se os veículos de combustão interna que mesmo quando possuem uma tecnologia de redução de emissões, tem uma elevada contribuição para o aumento da poluição.

Os poluentes, quanto a sua origem, podem ser primários, aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão, ou os secundários, os que são formados na atmosfera através da reação química entre poluentes e constituintes da atmosfera. Ao obter a concentração de poluentes na atmosfera obtêm-se o grau de exposição dos seres humanos, animais, plantas, materiais, ou seja, dos receptores.

O nível de poluição pode ser medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. Eles podem ser de diversos tipos, entre eles encontram-se:

Material Particulado (MP): São um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças ou outros tipos de materiais sólidos e líquidos que se mantêm suspenso na atmosfera. Os materiais particulados são emitidos por veículos automotores, além de outras fontes. Quanto menores as partículas maiores os problemas que podem ser causados a saúde do receptor. O material particulado classifica-se quanto ao seu diâmetro em: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) ou Fumaça (FMC).

Dióxido de Enxofre (SO₂): Resultado da queima de combustíveis que contém o enxofre, como o óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. O Dióxido de enxofre é um dos principais formadores da chuva ácida de também pode reagir com outras substâncias da atmosfera reduzindo a visibilidade.

Monóxido de Carbono (CO): Proveniente da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica é um gás incolor e inodoro. O Monóxido de Carbono é encontrado principalmente em locais com intensa frota veicular.

Ozônio (O₃) e Oxidantes Fotoquímicos: Os oxidantes fotoquímicos são resultados da mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, vindos da queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes. O ozônio é o principal produto do resultado desta queima. Estes poluentes formam a chamada *smog fotoquímico*, ou névoa química, responsável por reduzir a visibilidade. Este gás ocasiona prejuízos à saúde e também danos a vegetação.

Hidrocarbonetos (HC): São gases e vapores provenientes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. Os Hidrocarbonetos podem desencadear aos seres humanos a aparição de cânceres e mutações. Eles participam ativamente da formação da névoa fotoquímica.

Óxidos de Nitrogênio (NO) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂): Resultados de processos de combustão, em cidades grandes são associados aos veículos. O NO sob a ação da luz solar se transforma em NO₂ formando oxidantes fotoquímicos como o ozônio. O NO₂, dependendo da concentração, pode causar prejuízos à saúde.

Os poluentes emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos são constituídos pelos produtos gerados durante reação incompleta que ocorre no motor. Na queima de gasolina nos motores ciclo Otto, os gases de exaustão são constituídos basicamente por monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC). Estes poluentes, em contato com sistemas respiratórios, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde das pessoas, principalmente em crianças e idosos (DUTRA *et al.*, 2004).

Após a realização do monitoramento, a CETESB divulgou as informações por meio de um índice numérico, relacionando ainda a cores, para melhor

entendimento da população. A qualidade do ar pode ser classificada nas seguintes categorias: boa, regular, inadequada, má e péssima.

A área urbana avaliada foi a cidade de Birigui, localizada no noroeste do Estado de São Paulo na região de Araçatuba. A cidade conta com 117.143 habitantes, sendo apenas 2.872 os que habitam na área rural.

Por ser um centro urbano em que a economia é fundamentalmente gerada pelo setor industrial, a cidade de Birigui - SP conta com uma elevada frota automobilística, incluindo desde os caminhões, que realizam entregas, até motocicletas, que é o modo de transporte utilizado por grande parte da população. Isto gera um número de veículos motorizados superior a 57.000.

O município de Birigui ostenta o título de capital do calçado infantil. Há 164 fábricas calçadistas; além delas, a cidade possui estabelecimentos industriais que atuam no setor químico, metalúrgico, têxtil, alimentício, moveleiro entre outros. Devido ao seu espaço geográfico conta com 3 rodovias que o cruzam, rodovia Marechal Rondon, Engenheiro Gabriel Melhado Filho e Senador Teotônio Vilela. Outras importantes vias ligadas são a Ferrovia Noroeste e a Hidrovia Tietê – Paraná.

Com o crescimento populacional e a geração de economias cada vez mais ativas no mercado mundial, cresce a necessidade de utilização de fontes de energia renováveis e a criação de alternativas de transportes. As alternativas consistem em investimento em transportes públicos, criação de rodízios de placas, implantação de ciclovias, criação de corredores de motocicletas, dentre outras. Torna-se imperativa a redução dos poluentes que são hoje lançados no ar dos grandes ou mesmo dos pequenos centros urbanos.

Este trabalho visa aplicar uma metodologia simplificada de cálculo para avaliar as emissões de gases poluentes, que são os chamados gases do efeito estufa provenientes dos veículos automotores. Todos os combustíveis comerciais e as categorias de veículos em circulação na área urbana de Birigui –SP serão considerados a partir dos dados locais disponíveis de fatores de emissão e composição das fontes de energia.

2. ESTUDO DE CASO

A coleta de dados foi feita com base em pesquisas que apresentam as frotas mensais e anuais dos veículos automotores que circularam na cidade de Birigui – SP, identificando cada tipo de veículo e os motores, que poderão ser do ciclo otto, gasolina, etanol, diesel, gás natural. Um formulário foi desenvolvido para a coleta de dados em campo. Após a coleta de dados foi aplicado o Método *Top-Down*.

Segundo IPCC (1996), a maneira mais prática de calcular a emissão de gases do efeito estufa provenientes de fontes móveis é através da quantidade de combustíveis queimados, seu teor carbônico e as emissões de correspondentes de CO₂. Por isto o método *Top-Down* é o mais adequado para obter os valores mais próximos da realidade.

A emissão de CO₂ gera mais de 97% dos totais de gases do efeito estufa provindos de fontes móveis, e as incertezas dos valores encontrados quando trabalhado com este gás é de ordem de 5%. Ao analisar o N₂O e o CH₄, por exemplo, há uma contribuição de 3% e 1%, respectivamente, gerando, por fim, incertezas que chegam a cerca de 50% e 40%. Isto ocorre devido principalmente aos fatores de emissão desses gases.

3. MÉTODO *TOP-DOWN*

Conversão para Unidade Comum

Segundo a estimativa da emissão dos gases do efeito estufa pelo Ministério das Minas e Energia (MME) em 1999 no Balanço Energético Nacional (BEN), todas as medidas de consumo de combustível devem ser convertidas para uma unidade comum pela Equação 1.

$$CC = CA \times F_{conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{corr} \quad (1)$$

Onde,

1 tEP_(Brasil) = 45,2 x 10⁻³ TJ (terá-joule = 1012 J);

CC - consumo de energia em TJ;

CA - consumo de combustível (m³, l, kg);

Fconv - fator de conversão da unidade física de medida da quantidade de combustível para tEP, com base no Poder Calorífico Superior (PCS) do combustível (valores que podem variar de ano para ano; e

Fcorr - fator de correção de PCS para PCI (Poder Calorífico Inferior).

Conteúdo de carbono

A quantidade de carbono emitida na queima do combustível deve ser calculada conforme a Equação 2.

$$QC = CC \times F_{emiss} \times 10^{-3} \quad (2)$$

Onde:

QC - conteúdo de carbono expresso em GgC;

CC - consumo de energia em TJ; e

Femiss - fator de emissão de carbono (tC/TJ).

Emissões de CO₂

Finalmente, as emissões de CO₂ podem ser calculadas de acordo com a Equação 3.

$$ECO_2 = EC \times \frac{44}{12} \quad (3)$$

Onde:

ECO₂ - emissão de CO₂; e

EC - emissão de C.

O método *Top-Down* apresenta resultados de tempos mais longos e para dados mais agregados. Para a realização do estudo na cidade de Birigui – SP, a frota foi dividida em categorias e combustível utilizado em cada uma delas e, em seguida, foram aplicadas as equações propostas pelo método.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados de frota utilizados foram os que se encontram disponíveis no site do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística referente à última pesquisa do senso, que estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Frota de veículos

Variável	Birigui	São Paulo	Brasil
Automóveis	38.744	15.643.414	45.444.386
Caminhões	1.768	643.241	2.488.680
Caminhões-trator	282	146.455	541.118
Caminhonetes	4.625	1.583.988	5.731.997
Caminhonetas	1.664	930.126	2.516.967
Micro-ônibus	102	107.706	340.928
Motocicletas	22.193	3.978.276	18.114.464
Motonetas	9.440	696.663	3.317.325
Ônibus	187	145.166	547.465
Tratores	2	9.882	28.363
Utilitários	197	152.404	482.027
Total	79.204	24.037.321	79.553.270

Fonte: IBGE (2014)

Para a distância de trajeto, foi adotada a extensão do percurso necessário para atravessar a cidade, tomando como trajeto as principais vias da cidade ou rotas paralelas, o que gerou uma distância de valor aproximado à 7,5 km.

Com os valores de frota, da distância de viagem e da quilometragem média rodada por litro de combustível, foi obtido o valor do consumo de combustível (CA) equivalente, considerando a relação do número de veículos rodando a quilometragem média, pela eficiência de cada um.

Sabendo que os fatores de conversão de unidade são: $F_{conv,gas} = 0,771$ tEP/m³, $F_{conv,die} = 0,848$ tEP/m³ e $F_{conv,etan} = 0,520$ tEP/m³. E o fator de correção é $F_{corr} = 0,95$ para os três combustíveis, utiliza-se a Equação 1 para realizar a conversão necessária.

Depois de calculado o consumo de combustível, utilizou-se a Equação 2 para o cálculo das emissões de Dióxido de Carbono, utilizando os fatores de emissão que estão padronizados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, que são de 18,9 tC/TJ para a gasolina, 20,2 tC/TJ do diesel e 14,81 tC/TJ o etanol.

Sendo assim, os valores de emissão de Dióxido de Carbono obtidos na substituição na Equação 3 foram:

$$ECO_{2gas} = 0,0663 \text{ GgC};$$

$$ECO_{2die} = 0,0495 \text{ GgC};$$

$$ECO_{2etan} = 0,00957 \text{ GgC}; \text{ e}$$

$$ECO_{2TOTAL} = 0,13 \text{ GgC}.$$

5. CONCLUSÕES

Nos tempos atuais o transporte é considerado uma necessidade. Os sistemas de transporte desempenham um papel indispensável em relação ao cotidiano das pessoas e, conseqüentemente em relação ao seu comportamento. A maioria das atividades econômicas depende essencialmente do transporte de bens

e de pessoas, e como se pode observar com os dados obtidos, até cidades de pequeno ou médio porte, como Birigui – SP, podem contribuir de maneira significativa para a emissão de gases nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

Ainda que os fatores de emissão dos veículos novos estejam decrescendo, existe o aumento da frota de veículos e o congestionamento nas vias, como ocorre na no centro da cidade de Birigui – SP em horário de pico, mesmo que os caminhões não possam circular no centro da cidade das 10:00 horas às 18:30 horas de segunda-feira a sexta-feira e das 10:00 horas às 15:00 horas aos sábados.

Na cidade em estudo, o consumo de gasolina é duas vezes maior que o consumo de diesel. Porém, quando observa-se a emissão de gases no ambiente, o consumo do óleo diesel também reflete de maneira significativa na emissão de CO₂, por ser mais poluente que a gasolina.

Os caminhões representam 5% da frota. Os caminhões junto aos outros veículos que utilizam diesel como combustível (caminhonetes, ônibus, micro-ônibus e utilitários) formam apenas 11% da frota. Todavia estes 11% da frota são responsáveis por cerca de 40% da emissão do gás poluente CO₂.

O caso do etanol, mesmo sendo altamente consumido, contribui pouco para a emissão de CO₂ na atmosfera. Isto ocorre porque possui baixo peso molecular em relação aos outros tipos de combustíveis, tendo assim um baixo fator de emissão de carbono, poluindo menos.

REFERÊNCIAS

BARNWAL, B. K.; SHARMA, M. P. **Prospectes of biodiesel production from vegetable oils in India. Alternate Hydro Energy Center, Indian Institute of Technology, Renewable and Sustainable Energy Review**, 9, 363-378. 2005.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Intoxicação Toxicológica – Monóxido de Carbono**. São Paulo, 2012.



CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2011**. São Paulo, 2012.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n. 403, de 11 de novembro de 2008: **Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2008.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, **Quantidade de Veículos por município nos anos de 2010 à 2014**. Disponível em: «<http://www.denatran.gov.br>», Acesso em: 28 out. 2014.

DUTRA, E. G.; VALLE, R. M.; GOMES, B. C.; FIORAVENTE, E. F.; DUTRA, L. G. **Emissão de gases poluentes por veículos leves a gasolina na atmosfera de Belo Horizonte**, Seminário de Tecnologia de Motores Combustíveis e Emissões, STMCE-2004, Belo Horizonte, MG, 6 e 7 dez. 2004.

HIRAI, E. Y. **Estudo Comparativo das emissões de aldeídos originados pelo veículo à diesel com o estudo de óleo diesel comercial, biodiesel e suas misturas**, Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica, Área de Concentração: Térmicas e Fluidos, São Carlos, 2009.

KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHK, J.; RAMOS, L. P. **“Manual de Biodiesel”**, ISBN 978-85-212-0405-3. Ed Blucher, São Paulo, 2006.

LEMOS, J. F. **Poluição veicular: Avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo**, Universidade de São Paulo, Programa Interinstituições de Pós-Graduação em Energia, São Paulo, 2010.

LIMA, E. P.; GIMENES, M. L.; LIMA, O. C. M. **Estimate of light duty vehicles' emissions in Maringa City in the year of 2005/Estimação das emissões originadas de veículos leves na cidade de Maringa para o ano de 2005**, Report, Acta Scientiarum Technology (UEM), 1806-2563, Jan 1, 2009.

Portal do Município de Birigui, **Prefeitura de Birigui**, Disponível em: «www.birigui.sp.gov.br/home.php», Acesso em: 02 out. 2014.

SZWARCFITER, L. **Opções para o Aprimoramento do Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos por Veículos Leves no Brasil: Uma Avaliação do Potencial de Programas de Inspeção e Manutenção e de Renovação Acelerada da Frota**. 261p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2004.

WANKE, P. **Previsão top-down ou bottom-up - Impacto nos níveis de erro e de estoques de segurança**, Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 2, p. 231-245, maio-ago. 2008.