

ESTUDO DAS EMISSÕES DE FONTES MÓVEIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL

Elba Calesso Teixeira*, Sabrina Feltes e Eduardo Rodrigo Ramos de Santana

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler-RS, Rua Carlos Chagas, 55, 90030-020 Porto Alegre – RS, Brasil

Recebido em 13/12/06; aceito em 17/8/07; publicado na web em 19/12/07

STUDY OF THE EMISSIONS FROM MOVING SOURCES IN THE METROPOLITAN AREA OF PORTO ALEGRE – RS – BRAZIL. The present study aims at assessing the influence of pollution from mobile sources on air quality in the Metropolitan Area of Porto Alegre by means of an inventory based on methods applied specifically to vehicular emissions. The study uses the method described by CETESB, based on inventories on vehicular emissions, according to USEPA methodology. Following fuel types were taken into account: gasoline (24% ethanol), alcohol, diesel oil, and CNG (compressed natural gas). Results have shown that gasoline-powered vehicles are still responsible for emitting the highest CO and HC concentrations, while diesel-powered vehicles are the source of highest NO_x, MP and SO_x concentrations.

Keywords: vehicular emissions; mobile sources; atmospheric pollutants.

INTRODUÇÃO

Nas áreas metropolitanas o problema da poluição do ar tem-se constituído numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes.

A qualidade do ar urbano é determinada por um complexo sistema de fontes fixas (indústrias, queima de lixo, fornos, caldeiras etc.) e móveis (veículos automotores etc.).

O contínuo aumento das fontes poluidoras sem o devido controle tem contribuído na elevação dos níveis de poluição atmosférica. As fontes veiculares têm uma participação acentuada na degradação da qualidade do ar atmosférico, principalmente em grandes centros urbanos^{1,2}. Os congestionamentos de grandes extensões nos horários de pico, a redução da velocidade média do trânsito nos corredores de tráfego, o maior gasto de combustível são questões que fazem parte da realidade dos centros urbanos³. As emissões causadas por veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde.

Cabe salientar que a quantidade de poluentes emitidos depende de vários fatores, tais como o tipo de motor, sua regulação, manutenção e modo de dirigir. Além disto, os veículos podem poluir mesmo sem estar em funcionamento, pois com o motor desligado ocorre evaporação de combustível pelo suspiro do tanque e no sistema de carburação do motor, sendo grande parte desses vapores lançada para a atmosfera.

Em regiões congestionadas, o tráfego de veículos responde por cerca de 90% das emissões de CO, 80 a 90% das emissões de NO_x, hidrocarbonetos e uma boa parcela de particulados, constituindo uma ameaça à saúde humana⁴.

Veículos pesados (ônibus e caminhões) são responsáveis pela maior fração das emissões de óxidos de nitrogênio e de enxofre, enquanto que os veículos leves (automotores de passeio e de uso misto), movidos a gasolina e a álcool, são os principais emissores de monóxido de carbono e hidrocarbonetos. O diesel é notadamente o combustível mais poluente e economicamente custoso, se considerarmos todas as perdas ambientais, infra-estruturais e governamentais do seu uso.

A gasolina é o principal combustível utilizado por carros leves no estado, o que é preocupante, devido aos altos fatores de emissão de gases e à dependência de mercados externos que controlam grande parte da produção.

Nos veículos mais novos as emissões de gases foram bastante controladas com a adição de certas tecnologias, como os catalisadores, a injeção eletrônica de combustível etc. Apesar de, individualmente, esse tipo de emissão ser aparentemente insignificante, ao se analisar o número de veículos existentes nas grandes cidades, verifica-se a geração de toneladas de poluentes por dia⁵.

Diante disso, para direcionar as medidas preventivas ou corretivas e assegurar a melhoria e manutenção da qualidade do ar o presente trabalho tem como objetivo a realização de um estudo das emissões de origem veicular na Região Metropolitana de Porto Alegre-RMPA.

PARTE EXPERIMENTAL

Área de estudo

A Região Metropolitana de Porto Alegre está localizada na área este-central do Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil. A região é formada por 31 cidades distribuídas em uma área de 9825,61 km², onde aproximadamente 36% (3,7 milhões de habitantes) da população do estado está concentrada⁶, sendo constituída como o eixo mais urbanizado do estado.

Esta região sofre influência antropogênica de diferentes origens: fontes estacionárias, como refinarias de óleos, siderúrgicas, petroquímica, termoelétrica e queima de resíduo hospitalar e, de maior relevância, fontes móveis. Estima-se que a frota circulante na RMPA corresponda a 20% do total das 3,1 milhões de unidades de todo o estado⁷.

Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi baseada nos métodos para elaboração de inventários de emissões veiculares utilizada pela “Environmental Protection Agency”, dos Estados Unidos⁸.

Na primeira etapa⁹, foram realizados o levantamento e organi-

*e-mail: gerpro.pesquisa@fepam.rs.gov.br

zação dos dados da frota veicular do consumo de combustíveis, da qualidade dos combustíveis e da autonomia dos veículos e fatores de emissão obtidos junto à CETESB. Posteriormente, dados intermediários e emissões totais foram calculados aplicando-se a metodologia modificada segundo Melchior *et al.*¹⁰.

A partir destas informações foi possível traçar o perfil da frota e os veículos foram agrupados, para fins dos cálculos, por tipos de combustíveis ano a ano de fabricação desde pré-1980 até o ano de 2004. Em termos de tecnologias de propulsão os veículos podem ser agrupados em elétricos, de combustão interna ou híbridos. Neste estudo foram considerados apenas os veículos a combustão interna movidos pelos seguintes combustíveis: gasolina, álcool, diesel, gás natural veicular (GNV) e flex (gasolina e álcool).

Na segunda etapa foram calculadas as taxas de emissões atmosféricas, através da seguinte equação¹¹

$$E = Fe \cdot km \cdot N \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

onde, E= taxa de emissão (t/ano); Fe= fator de emissão (g/km); km = quilometragem média rodada por veículo (km/dia); N= número de veículos.

A equação foi aplicada para cada ano de fabricação

$$\text{onde, } E_{\text{ano de interesse}} = \sum E_{\text{ano a ano}} \quad (2)$$

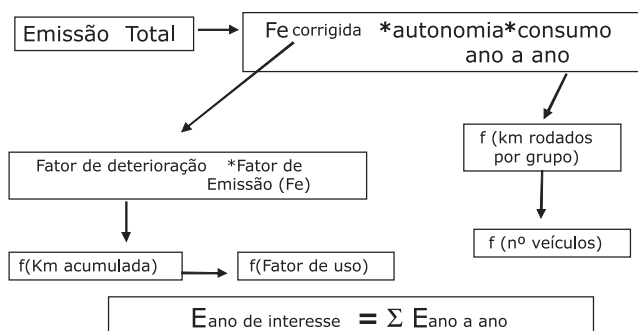
Como a região estudada no presente trabalho não apresentava equipamentos, Postos de Inspeção Veiculares - PIV'S, capazes de mensurar a quilometragem média rodada pelos veículos, esta defasagem foi estimada utilizando equação de cálculo das taxas de emissões atmosféricas¹²:

$$E = Fe \cdot A \cdot C \cdot N \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

onde: E = taxa de emissão (t/ano); Fe = Fator de emissão (g/km); A = autonomia dos veículos (km/L); C = consumo de combustíveis (L/ano); N= número de veículos.

Na Equação 3 foram necessárias algumas adequações devido às diferenças tecnológicas dos veículos, em virtude do ano de fabricação. Desta maneira, esta equação é resolvida efetuando-se cálculos intermediários descritos no organograma das funções (Figura 1). As emissões totais para cada poluente no ano de interesse, foram a soma das emissões de todos os veículos em circulação no ano de 2004. Ex: veículos de 1980, ..., 1993, ..., 2001, ..., 2004, rodando em 2004.

É importante considerar os cálculos intermediários tendo em



Autonomia (dados fornecidos pela cetesb); Fator de emissão (dados fornecidos pela cetesb); Fator de deterioração (Retirado das tabelas da EPA); f (km rodados por grupo): Calculado f (Km acumulada); Calculado; f (nº veículos) DETRAN

Figura 1. Esquema das funções utilizadas nos cálculos intermediários

vista que um carro com tecnologia mais antiga apresenta maiores taxas de emissões de poluentes em comparação a um veículo zero quilômetro. Considerando o desgaste de 10% ao ano devido ao uso do veículo, foi possível fazer uma regressão e estimar quanto os veículos são deteriorados com o passar dos anos e, também uma quilometragem acumulada até o ano atual.

Conforme previsto, uma consequência desta quilometragem acumulada é o aumento, mesmo que sob manutenção adequada, dos fatores de emissão corrigidos, especialmente do CO e dos HC.

Os fatores de emissão corrigidos para veículos usados são obtidos multiplicando-se os fatores de emissão dos veículos no ano em questão por um fator de deterioração (FD). Como a frota veicular é calculada para o final de cada ano, o fator de deterioração é aplicado, inclusive, nos veículos fabricados no último ano. Desta forma, o fator de emissão corrigido para uma determinada quilometragem passa a ser:

$$FE_{\text{corrigido}} = FE \times FD \quad (4)$$

O fator de deterioração foi calculado conforme as recomendações da Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA)¹³. Contudo, não foi possível aplicar este cálculo de forma direta devido ao lapso de tempo entre a tecnologia dos veículos que rodavam nos Estados Unidos e no Brasil. Assim, adotou-se para os veículos nacionais anteriores a 1980 até 1991 os fatores de deterioração dos modelos pré-68 dos EUA, para os veículos fabricados entre 1992 e 1996, os fatores dos modelos 1982 norte-americanos e para os veículos fabricados a partir de 1997, os fatores de deterioração dos veículos modelo 1990¹⁰.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil da frota da RMPA

A Tabela 1 mostra a distribuição da frota veicular por categoria de veículos em número de veículos na Região Metropolitana de Porto Alegre para o ano de 2004. A frota veicular nesta região compreende, aproximadamente, 37% da frota de 3,1 milhões de veículos do estado do Rio Grande do Sul distribuídos nas seguintes categorias: automóveis, caminhonetes - camionetas, ônibus - microônibus, ciclomoteres - utilitários, motocicletas - motonetas, caminhões e tratores. Verifica-se nos resultados a predominância da categoria de automóveis, cerca de 866.938 circulando na RMPA.

A Figura 2 mostra a distribuição do perfil da frota veicular por

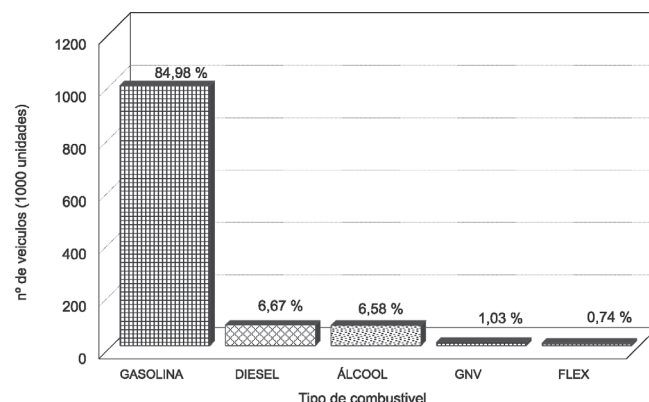


Figura 2. Distribuição do perfil da frota veicular por tipos de combustíveis em número de veículos na RMPA

tipos de combustíveis em número de veículos na Região Metropolitana de Porto Alegre no ano de 2004, a frota é composta por 1.166.914 veículos, destes 979.113 são movidos a gasolina, 79.345 a álcool, 84.925 a diesel, 14.897 a gás natural veicular e 8.632 com tecnologia flex. Conforme pode ser observado nos dados apresentados, os veículos com propulsão a gasolina correspondem à maioria da frota veicular, 85%.

Qualidade dos combustíveis

O estado do Rio Grande do Sul, na sua maioria, tem como fornecedora potencial de gasolina, com 24% etanol (2004) e derivados, a Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP. De forma não tão relevante, a Companhia Petroquímica do Sul – Copesul tem sua participação no abastecimento. Para a execução do presente trabalho foram considerados os dados da REFAP nos cálculos das emissões, considerando que o fornecimento de combustíveis desta Refinaria destina-se ao abastecimento dos postos da RMPA.

Emissões totais

A Tabela 1 mostra as emissões totais, calculadas conforme as Equações 3, 4 e segundo as modificações do esquema mostrado na Figura 2. Conforme mencionado no item Metodologia, as emissões totais para cada poluente no ano de interesse foram a soma das emissões de todos os veículos em circulação no ano de 2004.

Tabela 1. Distribuição da frota veicular por categoria e em número de veículos na RMPA

Categoria dos veículos	Número de veículos (1000 unidades)
Automóveis	866.938
Motocicletas e motonetas	144.734
Caminhonetes e caminhonetes	95.922
Caminhões	36.086
Ônibus e microônibus	12.765
Ciclomotores e utilitários	6.236
Tratores	2.233

Os veículos a gasolina e a diesel (Tabela 2) mostram contribuição mais significativa nas emissões de CO. No entanto, a emissão deste composto por veículos a gasolina foi bem mais elevada que por veículo a álcool (Tabela 2). Isto também foi observado para os outros poluentes HC, NOx, MP, SOx, R-CHO.

Em 2004, ano em que foram realizados os cálculos apresentados no presente trabalho, o percentual de álcool anidro misturado à gasolina encontrava-se em cerca de 24%. No entanto, a mistura de álcool anidro à gasolina pode variar entre 20 e 22% segundo a legislação atual. Esta mistura acarreta a diminuição das emissões de CO, HC, MP, SOx. Os veículos a álcool não contribuem para a emissão de compostos de enxofre. O álcool tem uma tolerância à combustão com excesso de ar que possibilita uma queima mais completa, com menor emissão de CO. A menor complexidade molecular do álcool possibilita uma combustão com pequena formação de partículas de carbono, o que resulta em emissão desprezível de material particulado. Por outro lado, observa-se um aumento nas emissões de aldeídos (R-CHO) na composição dos combustíveis não queimados.

Outra propriedade importante que se destaca no etanol é sua alta octanagem, que permitiu elevar a octanagem da gasolina e eliminar o chumbo tetraetila como antidetonante desde 1989. Mais recentemente, em 20/11/2006, o governo decretou o aumento de etanol na mistura com gasolina, passando ao teor de 23%.

Estudos realizados pela CETESB¹⁴ compararam as emissões de veículos regulados para queimar diferentes teores de álcool misturados à gasolina. Os resultados (Tabela 3) revelaram diminuição das emissões de CO e HC com o aumento da percentagem de etanol à gasolina. As emissões de NOx aumentaram com o acréscimo de percentual de etanol à gasolina.

Os veículos novos com motores “flexible fuel” apresentam tecnologia avançada e podem empregar com eficiência combustíveis com teores maiores de álcool do que os exigidos pela legislação em vigor.

A contribuição das emissões de NOx, SOx e MP do veículo a diesel é mais elevada que os outros combustíveis estudados (Tabela 2). Estes dados confirmam resultados obtidos em outros estudos realizados em centros urbanos, onde também foram constatadas altas taxas de emissão para estes mesmos poluentes¹⁵. Isto pode ser atribuído à intensa circulação de caminhões e ônibus, em sua maioria movidos a diesel. Estes tipos de veículos contribuem significativamente para a parcela relativa a ressuspensão, que é somada ao MP. NOx é um precursor na formação de O₃ e também, juntamente com SO₂, contribui na formação da chuva ácida.

Na atmosfera, SO₂ e NO₂ reagem com radical hidroxil e em presença de vapor d'água formam H₂SO₄ e HNO₃, respectivamente.

NO é convertido a NO₂ pela reação com peroxirradicais (RO₂) ou O₃. NO₂ gerado é então fotolizado na atmosfera e o oxigênio atômico liberado combina com oxigênio molecular para formar O₃¹⁶.

A Tabela 2 mostra dados de emissões atmosféricas da frota GNV na RMPA. O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos com predominância de metano (CH₄ - 80-90%) e, em menor quantidade, frações de etano até hexano (C₆H₁₄). Verificam-se concentrações mais baixas de NOx, CO, HCs, R-CHO em relação aos demais combustíveis estudados. Estes foram os primeiros valores estimados com GNV no Rio Grande do Sul, sendo que nos últimos 3 anos houve um aumento significativo desta frota. O GNV é potencialmente aplicável como combustível em substituição ao óleo diesel e à gasolina para veículos rodoviários.

Resultados de emissões CO, NOx e HC das motos são mostrados na Tabela 2. Estas, em sua imensa maioria propulsionadas por gasolina, apresentam maiores contribuições de emissões de CO e HC. Esta categoria foi considerada em separado visto que a CETESB calcula fatores de emissão específicos para este tipo de frota.

Desta forma, os poluentes gerados pelo combustível a gasolina apresentam em sua maioria emissões elevadas de CO e HC, enquanto os veículos a diesel são responsáveis pela maior parte das emissões de NOx, SOx, MP (Tabela 2). No entanto, a predominância de circulação dos veículos movidos a gasolina resulta em emissões totais geradas em 1000 t/ano muito maiores que os demais veículos, resultando na maior ordem de grandeza de emissões evidenciada na Tabela 2.

Os aldeídos (R-CHO), que são poluentes mais típicos de veículos a álcool, são emitidos em maior quantidade pela frota a gasolina. Isto pode ser explicado pela presença de etanol (24%) na gasolina.

Estes resultados eram esperados uma vez que a gasolina ainda é o combustível mais empregado e se caracteriza por ser uma mistura complexa de hidrocarbonetos e contaminantes como S, N e certos metais. A composição e as características da gasolina dependem basicamente da natureza do petróleo (de origem), dos processos de refino pelos quais passou e das especificações de qualidade^{17,18}.

As emissões de NOx, HC e CO mostram que têm contribuições importantes na contaminação da qualidade do ar da RMPA. Isto pode se agravar à medida que o NOx sofre reduções menores em relação aos HC e CO por ser menos sensível à idade da frota. O NOx, assim como o HC são precursores da formação de ozônio.

A Figura 3 mostra o perfil das emissões totais de CO, HC, NOx,

Tabela 2. Emissões totais de poluentes atmosféricos de veículos a gasolina, álcool, diesel, GNV e motos no ano de 2004 na RMPA (1000 t/ano)

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

* Não determinado

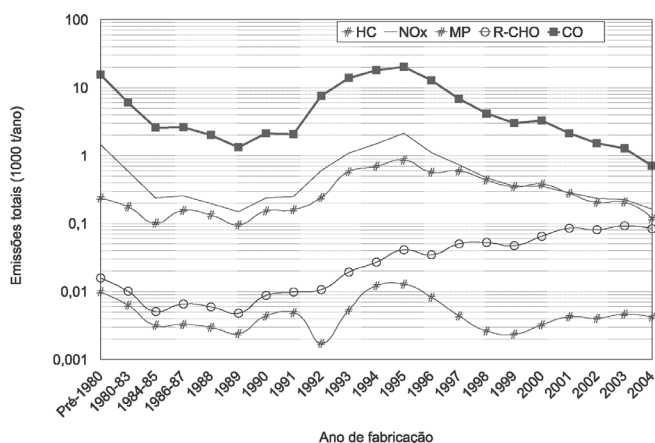
Tabela 3. Emissões em função da variação do teor de etanol misturado à gasolina (22%=100)

	22%	Porcentagem 18%	de etanol 12%	0%
CO	100	120	150	200-450
HC	100	105	110	140
NOx	100	95	80	60

Fonte: CETESB, 2000

MP, R-CHO dos veículos em circulação no ano de 2004 na RMPA. Considerando que a maioria da frota é constituída por veículos movidos a gasolina, verifica-se que houve uma diminuição das emissões ao longo dos anos de fabricação dos veículos para todos os poluentes estudados.

Entre o ano de 1992-1997 houve um acréscimo das emissões de CO, HC, NOx, diminuindo ao longo dos anos de fabricação (Figura 3). Este acréscimo pode ser atribuído à adequação das tecnologias de fabricação às exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)¹⁹. O foco deste Programa sempre foi a exigência da redução das emissões dos veículos por parte dos fabricantes e melhoria da qualidade dos combustíveis. Este projeto comemorou 20 anos em 2006, sendo que entre os anos de 1992 e 1997 é que ocorreram as maiores inovações. Neste período, foram necessários o desenvolvimento e a introdução de novas tecnologias, em especial a injeção eletrônica de combustível e os conversores catalíticos. Ainda, foi intensificado o desafio tecnológico, principalmente para permitir a adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. Neste mesmo período ocorreu um incremento da frota circulante. Somente a partir de 1998 a frota circulante reduziu, provavelmente devido à retirada dos ve-

**Figura 3.** Perfil das emissões totais de HC, NOx, MP, R-CHO e CO dos veículos em circulação no ano de 2004 na RMPA

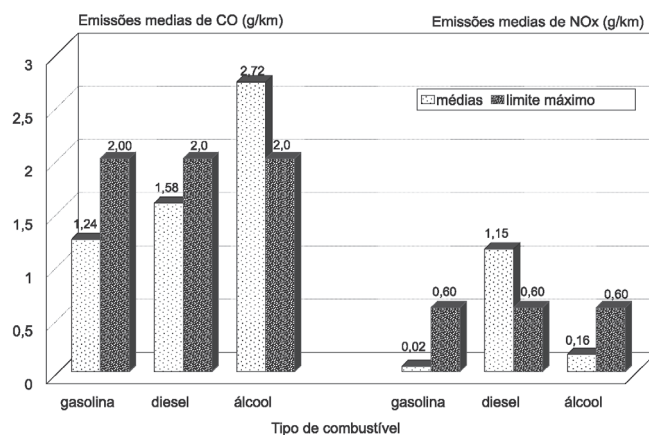
ículos com tecnologia mais antiga, significando a renovação da frota pelo acréscimo e permanência dos veículos com menores fatores de emissão.

No presente estudo pôde ser verificado para todos os combustíveis que as emissões apresentaram tendência de diminuição ao longo dos anos de fabricação, que pode ser atribuído a: ações do PROCONVE; otimização do desempenho dos motores e da qualidade dos combustíveis; a vigência da legislação do DETRAN/RS retirando de circulação os veículos antigos e em más condições.

Segundo dados relatados pelo PROCONVE a renovação da frota com entrada de veículos novos (gasolina, álcool) sofreria um percentual mais significativo em redução de CO e HC em relação ao NOx. Este último poluente sofre reduções menores que os outros por ser menos sensível à idade da frota.

Emissões médias

As Figuras 4 a 6 mostram resultados das emissões médias de CO, MP, HC, NOx, R-CHO de veículos a gasolina, diesel e a álcool. Os resultados revelam concentrações médias de emissões de CO e HC de veículos movidos a álcool e de NOx e MP de veículos movidos a diesel acima do limite permitido pela Legislação Nacional²⁰. Isto pode ser atribuído à busca de soluções tecnológicas pelas indústrias automobilísticas emitindo mais ou menos poluente. Um automóvel movido a gasolina não polui da mesma forma que outro veículo a álcool, um ônibus ou uma motocicleta.

**Figura 4.** Emissões médias de CO e NOx em 2004 na RMPA

CONCLUSÕES

Em grandes centros urbanos, os veículos automotores contribuem com emissões atmosféricas que, dependendo da região, podem afetar de forma significativa a qualidade do ar. Os poluentes emitidos pelas fontes móveis carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem produzir

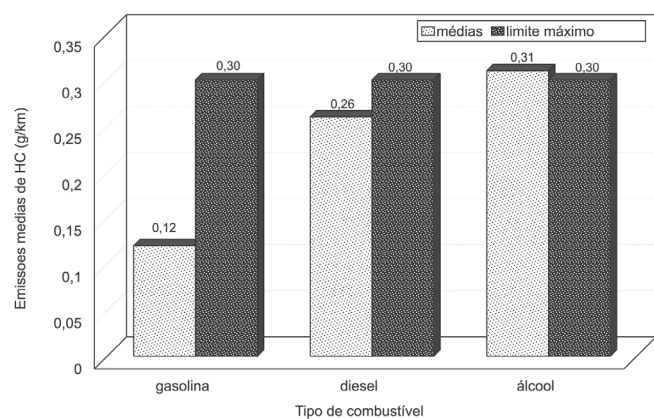


Figura 5. Emissões médias de HC em 2004 na RMPA

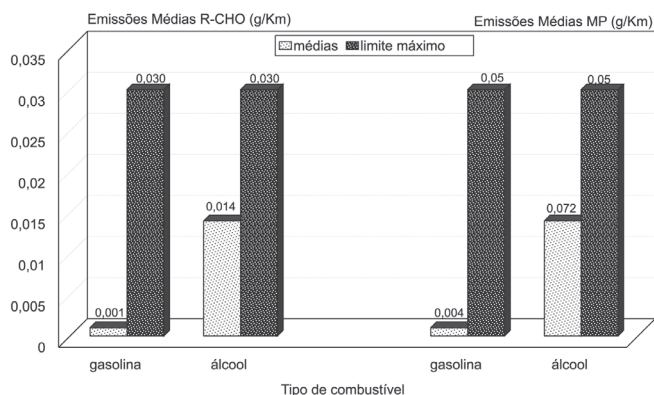


Figura 6. Emissões médias de R-CHO e MP em 2004 na RMPA

vários efeitos negativos sobre a saúde.

Devem ser consideradas a qualidade do combustível e a tecnologia do motor como principais fatores de controle de emissão de poluentes. Com o uso, o desgaste de peças e componentes afeta as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissão. Os fabricantes de veículos vêm se adequando às exigências legais, tendo-se atingido uma redução média de emissão de cerca de 90% dos veículos leves novos, em relação ao início do programa. É importante ressaltar que a emissão média de CO por veículo hoje é de 0,3 g/km, enquanto em 1986 era de 54 g/km.

O perfil de emissão de poluentes depende do tipo de combustível e motor empregado. Por esta razão, um automóvel movido a gasolina não polui da mesma forma que outro veículo a álcool, um ônibus ou uma motocicleta. Os veículos novos são menos poluidores devido a soluções tecnológicas fornecidas pelas indústrias automobilísticas e à melhoria da qualidade dos combustíveis.

Do ponto de vista ambiental o Brasil já produz um dos melhores combustíveis do mundo, sendo pioneiro em relação à adição de compostos oxigenados à gasolina (23% de álcool).

O ingresso da frota de veículos movidos a GNV e/ou caráter flexível (álcool/gasolina) deve modificar o quadro de emissões atuais, promovendo a melhoria da qualidade do ar. A estimativa de emissões poderá ser melhorada quando os postos de inspeção e manutenção forem implementados, pois será possível obter uma noção mais precisa da quilometragem rodada pela frota em cada ano.

MATERIAL SUPLEMENTAR

A Figura 1S relativa à localização da Região Metropolitana de Porto Alegre encontra-se disponível gratuitamente em <http://quimicanova.sbjq.org.br>, na forma de arquivo PDF.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Stern, A. C.; Boubel, R. W.; Turner, D. B.; Fox, D. L.; *Fundamentals of Air Pollution*, 2nd ed. Academic Press, Inc.: Orlando, 1984.
2. Baird, C.; *Química Ambiental*, 2^a ed., Bookman: Porto Alegre, 2002.
3. Onursal, B.; Gautam, S. P.; *World Bank Technical Paper*, 1997, n.º.373.
4. WRI; UNEP; UNDP; WB; *World Resources 1996-97*, World Resources Institute (WRI), UNEP, UNDP, and the World Bank, Oxford University Press: New York and London, 1996.
5. Faiz, A.; Weaver, C. S.; Walsh, M. P.; *Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions*, The World Bank: Washington, 1996.
6. <http://www.ibge.gov.br/otaq/ap42.htm>, acessada em Março 2004.
7. FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler; *Descrição do Estado do Rio Grande do Sul*. Capítulo 1.2.2, CD-ROM. Porto Alegre, 2003.
8. <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>, acessada em Setembro 2003.
9. Dados fornecidos: Detran-RS, 2004; ANP, 2004; REFAP, 2004; CETESB; *Relatório de qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2004*, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente, São Paulo, 2004.
10. Melchior, D. J.; Santana, E. R. R. S.; Silva, I. M. C.; Soares, N. B.; *III Congresso Interamericano de Qualidade do ar*, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Canoas, Brasil, 2003.
11. USEPA; *National Air Pollutant Emission Trends. 1900-1996*, EPA-454/R-98-008, 1998.
12. Santana, E. R. R.; Silva, I. M. C. O.; Soares, N. B.; Chagas, R.; *Seminário de Inventário de Emissões Atmosféricas*, Porto Alegre, Brasil, 2003.
13. USEPA; *Appendix 42 H-3 Table 1.1a.1. Nontampered exhaust emission rates for low altitude light duty gasoline powered vehicles*, 1995.
14. CETESB; *Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 1999*, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria de Meio Ambiente, São Paulo, 2000.
15. Loureiro, L. N.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
16. Gupta A.; Kumar, R.; Kumari, K. M.; Srivastava, S. S.; *Atmos. Environ.* **2003**, 37, 4837.
17. De Souza, A. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2004.
18. Maclean, H. L.; Lave, L. B.; *Prog. Ener. Comb. Sci.* **2003**, 29, 1.
19. Brasil - MMA/LIMA-COPPE/COPPETEC/UFRJ, *Avaliação do programa de controle da poluição do ar por veículos automotores*, Brasília, 2004.
20. CONAMA—Conselho Nacional do Meio Ambiente; Resolução Conama n.º. 315, 2002. Disponível em: www.mma.conama.gov.br/conama, acessada em Junho 2004.