

ANTONIO CARLOS SEIDL OLIVEIRA

ESTUDO DA EMISSÃO DA FROTA DE VEÍCULOS DIESEL E CICLO
OTTO, SEM CONVERSORES CATALÍTICOS, NOS MUNICÍPIOS DE
SOROCABA E VOTORANTIM

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: **Térmica e Fluidos**

Orientador: **Prof. Dr. Josmar Davilson Pagliuso**

São Carlos
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

O48e Oliveira, Antonio Carlos Seidl
 Estudo da emissão da frota de veículos
 diesel e ciclo Otto, sem conversores catalíticos
 nos municípios de Sorocaba e Votorantim /
 Antonio Carlos Seidl Oliveira ; orientador
 Josmar Davilson Pagliuso -- São Carlos, 2009.

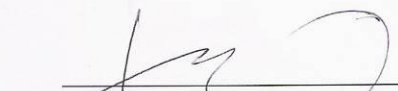
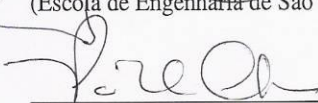
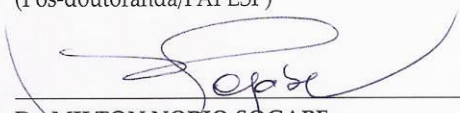
 Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em
 Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Térmica e
 Fluídos) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
 Universidade de São Paulo, 2009.


 1. Poluição atmosférica. 2. Emissões veiculares. 3.
 Conversor catalítico. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

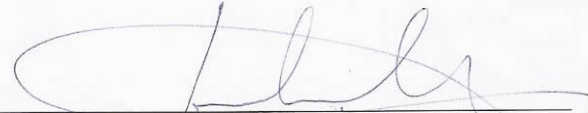
Candidato: Tecnólogo ANTONIO CARLOS SEIDL OLIVEIRA.

Dissertação defendida e julgada em 29/10/2009 perante a Comissão Julgadora:

 _____ Prof. Dr. JOSMAR DAVILSON PAGLIUSO (Orientador) (Escola de Engenharia de São Carlos/USP)	<u>Aprovado</u>
 _____ Drª. PAULA CRISTINA GARCIA MANOEL CRNKOVIC (Pós-doutoranda/FAPESP)	<u>Aprovado</u>
 _____ Dr. MILTON NORIO SOGABE (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo/CETESB)	<u>Aprovado</u>



Prof. Associado **JONAS DE CARVALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica



Prof. Titular **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

Dedicatória

Dedico este trabalho:

Aos meus pais Eva e José, pelas experiências a mim transmitidas e por minha vida, sem a qual eu nada seria.

À minha esposa Regina, pelo companheirismo, apoio e dedicação à minha necessidade de conhecimento.

Às minhas filhas Helga e Hannah, pelo sorriso, carinho e compreensão ao longo de todas as horas dedicadas a esta jornada.

Agradecimentos

Meus singelos agradecimentos à todas as pessoas que de alguma forma colaboraram com este trabalho.

À seis pessoas dotadas de mentes brilhantes, as quais, tenho compartilhado de seu notório saber e sem sombra de dúvidas, foram fonte de inspiração e pilares deste trabalho, sendo: Prof. Dr. Antonio Moreira dos Santos - USP-EESC (um dos pais do carro com motor à álcool), Prof. Msc. Edegar Yoshio Hirai - CETESB (senhor dos aldeídos), Prof. Msc. Ezio Mantegazza - CETESB (ex-chefe e profundo conhecedor em poluição atmosférica), Prof. Dr. Josmar Davilson Pagliuso - USP-EESC (orientador e incomparável saber em poluição atmosférica) Prof. Msc. Sétimo Humberto Marangon - CETESB (ex-chefe e profundo conhecedor em controle de poluição) e Prof. Msc Neemias de Castro – CETESB (um eterno pesquisador), pelo apoio e incentivo, os quais, tenho muito orgulho de considerá-los como amigos.

Ao casal Tereza e Alessandro, pela ajuda e apoio durante este trabalho.

Ao casal Rosa e Mauro, por ajudarem a cuidar de minhas filhas.

Às minhas amigas Anita e Cintia, pelas inúmeras vezes que me apoiaram e principalmente ajudaram minhas filhas durante esta jornada.

Aos irmãos de CETESB, Anita, Aleixo, Bispo, Bossolani, Cíntia, Dirceu, Edegar, Ezio, Ilka, Jussara, Martinho, Neemias, Norio, Pilar, Rafael, Rosangela, Sétimo, Tatumi e Valmir, pelo apoio, estímulo e confiança.

Aos amigos do Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, Adilson, Borssari, Dalma, Edson, Eloy, Ferreira, Ruy e Sidnei, pela inestimável ajuda e apoio durante os experimentos.

Ao Prof. Dr. Josmar Davilson Pagliuso, por acreditar que eu poderia!, pela orientação, paciência, apoio e incentivo dedicados.

Aos teimosos do Projeto Tira Teima, Deuzuita, Edegar, Edson, Prof. Josmar, Mirian, Prof. Moreira, Paula e Silvia, pela amizade, apoio e consideração durante a obtenção dos dados deste trabalho.

Aos professores e funcionários do laboratório do NET&F da USP de São Carlos.

Epígrafe

“A educação é um longo processo de trabalho, entre o dever e a disciplina, em que a dor é a nossa doce e benevolente mestra”

Emmanuel

Resumo

OLIVEIRA, A.C.S. (2009). **Estudo da emissão da frota de veículos diesel e ciclo otto, sem os conversores catalíticos nos municípios de Sorocaba e Votorantim.** São Carlos – SP, 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho avalia por meio de um IEV – Inventário de Emissão Veicular, a contribuição dos veículos automotores na poluição do ar, nos municípios de Sorocaba e Votorantim, dando ênfase às suas características de frota e posição geográfica, seus impactos, quantificação e qualificação de emissão de poluentes, através de experimentos com a utilização de Diesel Metropolitano - B2 e Biodiesel – B100(soja), como combustível nos veículos equipados com motores de ignição por compressão (motor diesel), em substituição total ou parcial ao diesel existente no mercado nacional e a utilização de Gasolina Padrão da Petrobrás e de AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível em veículos flex equipados com motores de ignição por centelha (motor ciclo Otto), sem os conversores catalíticos, buscando identificar as condições mais próximas da realidade da manutenção da frota. Para este trabalho, considera-se que os poluentes de interesse são o Monóxido de Carbono (CO), os Hidrocarbonetos (HC), os Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrocarbonetos sem Metano (NMHC), Aldeídos, Formaldeídos e Acetaldeídos. A análise dos dados obtidos nos experimentos, sem a utilização de conversor catalítico, utilizando Gasolina Padrão e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com relação aos Limites L-4 do Proconve, demonstrou que os Fatores de Emissão (FE) obtidos, com gasolina Padrão, resultaram em aumento em torno de 184% para CO, 167% para HC, 680% para NO_x, 468% para NMHC e 23% para

Aldeídos, já para os FE obtidos com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, resultaram em aumento em torno de 150% para CO, 138% para HC, 330% para NO_x, 434% para NMHC e 405% para Aldeídos. A simulação das emissões da frota real de modelos ciclo Otto e Diesel em estudo sem a utilização de conversores catalíticos, ou seja, para 317.539 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, 157.694 movidos à Gasolina Padrão, 16.042 movidos à Biodiesel Metropolitano B2, 64.730 tipo Motocicletas movidas à Gasolina, excluindo-se 3.779 veículos diversos entre Reboques e Semi-Reboques, foi constatado que, as emissões totais seriam de 21.628,525 t/ano de CO, 3.011,947 t/ano de HC, 5.231,934 t/ano de NO_x, 540.500,022 t/ano de CO₂, 2.660,792 t/ano de NMHC, 89,253 t/ano de Formaldeídos, 138,565 t/ano de Acetaldeídos e 227,818 t/ano de Aldeídos. A simulação das emissões da frota real de modelos ciclo Otto e Diesel em estudo sem a utilização de conversores catalíticos, ou seja, para 317.539 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, 157.694 movidos à Gasolina Padrão, 16.042 movidos à Biodiesel B100, 64.730 tipo Motocicletas movidas à Gasolina, excluindo-se 3.779 veículos diversos entre Reboques e Semi-Reboques, foi constatado que, as emissões totais seriam de 21.628,425 t/ano de CO, 3.011,947 t/ano de HC, 5.302,977 t/ano de NO_x, 540.875,538 t/ano de CO₂, 2.660,792 t/ano de NMHC, 91,039 t/ano de Formaldeídos, 138,828 t/ano de Acetaldeídos e 229,868 t/ano de Aldeídos. Os resultados obtidos durante os experimentos, demonstram que uma manutenção inadequada, torna ineficaz qualquer ganho ambiental obtido, tendo em vista a crescente ampliação da frota existente, baseada em políticas públicas equivocadas, as quais, continuam a incentivar a aquisição de veículos particulares em detrimento do sistema de transporte público, o qual continua ineficiente, além de caro para os padrões econômicos da população.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Emissões veiculares. Conversor catalítico.

Abstract

OLIVEIRA, A.C.S. (2009). **Study of the emission of the fleet of vehicles diesel and cycle otto, without the catalytic converters in the cities of Sorocaba and Votorantim.** São Carlos - SP, 199p. Dissertation (MSc in Mechanical Engineering). School of Engineering of São Carlos , Universidade de São Paulo.

This study evaluates by means of a IEV - Inventory of Vehicle Emission to propagate, the contribution of motor vehicles in air pollution in the cities of Sorocaba and Votorantim, of the emphasis to the characteristics of the fleet and the geographic position of these cities, to the impacts of these characteristics, the quantification and qualification of the emission of pollutants, through experiments with the use of Diesel Metropolitano - B2 and Biodiesel - B100, as combustible in vehicles equipped with engines of ignition for compression (motor diesel), in total or partial substitution to existing diesel in national market, and Gasoline Standard of Petrobras and AEHC – Combustible Hidrated Ethyl Alcohol and its mixtures in equipped vehicles flex with engines of ignition for flash (cycle Otto motor), without the catalytic converters; searching to identify the conditions next to the reality of the maintenance of the fleet. For this work, it is considered that the interest pollutants are the Carbono Monoxide (CO), Hidrocarbons (HC), the Nitrogen Oxides (NO_x), Carbono Dioxide (CO₂), non-methane hydrocarbons (NMHC), Aldehydes, Formaldehydes and Acetaldehydes. The analysis of the data gotten in the experiments, without the use of catalytic converter, using Gasoline Standard and AEHC – Hydrated Ethilic Alcohol, with regard to the L-4 Limits of the Proconve, demonstrated that the Factors of Emission (FE) gotten, with gasoline Standard,

had resulted in increase around 184% for CO, 167% for HC, 680% for NO_x, 468% for NMHC and 23% for Aldehydes, already for the FE gotten with AEHC, had resulted in increase around 150% for CO, 138% for HC, 330% for NO_x, 434% for NMHC and 405% for Aldehydes. The simulation of the emissions of the real fleet of models cycle Otto and Diesel in study without the use of catalytic converters, that is, for 317.539 vehicles, being 75.294 moved to the AEHC, 157.694 moved by Gasoline, 16.042 moved by the Metropolitan Biodiesel B2, 64.730 type Motorcycles moved by the Gasoline, abstaining itself 3.779 diverse vehicles between Tows and Semitrailers, was evidenced that, the total emissions would be of 21.628,525 tons per year (tpy) of CO, 3.011,947 tpy of HC, 5.231,934 tpy of NO_x, 540.500,022 tpy of CO₂, 2.660,792 tpy of NMHC, 89,253 tpy of Formaldehyde, 138,565 tpy for acetaldehyde and 227,818 tpy for Aldehyde. The simulation of the emissions of the real fleet of models cycle Otto and Diesel in study without the use of catalytic converters, that is, for 317.539 vehicles, being 75.294 moved by the AEHC, 157.694 moved by Gasoline, 16.042 moved by the Biodiesel B100 from syo bean oil, 64.730 type Motorcycles moved by the Gasoline, abstaining itself 3.779 Diverse vehicles between Tows and Semitrailers, was evidenced that, the total emissions would be of 21.628,425 tpy of CO, 3.011,947 tpy of HC, 5.302,977 tpy of NO_x, 540.875,538 tpy of CO₂, 2.660,792 tpy of NMHC, 91,039 tpy of formaldehyde, 138,828 tpy for Acetaldehyde and 229,868 tpy for aldehydes. The results obtained during the experiments show that inadequate maintenance, makes ineffective any environmental gains achieved, with a view to increasing expansion of the existing fleet, based on misguided public policies, which continue to encourage the purchase of cars at the expense of public transport system, which remains inefficient, and expensive for the economic standards of the population.

Keywords: Air Pollution. Vehicle emission. Catalytic converter

Lista de Abreviaturas

AEAC Álcool Etílico Anidro Combustível

AEHC Álcool Etílico Hidratado Combustível

ABRACICLO Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas.

ANFAVEA Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

BIODIESEL B2 Óleo Diesel com 2% de Biodiesel

BIODIESEL B100 Óleo 100% Biodiesel

CAS de sua sigla em inglês Chemical Abstracts Service

CETESB Agência Ambiental do Estado de São Paulo

CO Monóxido de Carbono

CO₂ Dióxido de Carbono

COV Compostos Orgânicos Voláteis

CPE Combustível Padrão para Ensaio

DP Desvio Padrão

EPA de sua sigla em inglês Environmental Protection Agency, cujo significado é Agência de Proteção Ambiental

GASOLINA PADRÃO Denominação técnica de gasolina pura, sem a adição de álcool.

GASOOL Denominação técnica da mistura de 22% a 25% de etanol anidro em gasolina, também denominada Gasolina Comum ou Gasolina C.

HC Hidrocarbonetos

IEV Inventários de Emissões Veiculares

INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

LD Limite de Detecção

LQ Limite de Quantificação

MP Material Particulado

NMHC de sua sigla em inglês Non Methane Hydrocarbons, que significa hidrocarbonetos sem metano

NO_x Óxido de Nitrogênio

PAHs de sua sigla em inglês Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, que significa hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

URBES Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social

U.S.E.P.A. United Estates of Environmental Protection Agency

Lista de Equações

Equação 1: Cálculo da participação percentual de cada ano-modelo na frota total:.....	72
Equação 2: Cálculo dos FEf – Fatores de Emissão da frota correspondentes a cada ano-modelo:.....	73
Equação 3: Cálculo dos FE – Fatores de emissão em relação a t/ano:	73

Lista de Anexos

Anexo 1 - PROCONVE	172
Anexo 2 - FROTA DE VEÍCULOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	184
Anexo 3 – FOTOS DOS EXPERIMENTOS	187

Lista de Figuras

Figura 1– Localização da região metropolitana de Sorocaba	37
Figura 2 – Rosa dos ventos da região metropolitano de Sorocaba	39
Figura 3 – Simulação de Efeito Estufa-USP/2008.	47
Figura 4– População do município de Sorocaba	59
Figura 5– Crescimento da frota veicular no município de Sorocaba	60
Figura 6: Foto da área para preparação de veículo (drenagem)	77
Figura 7: Foto da área para preparação de veículo (abastecimento)	77
Figura 8: Foto da área para armazenamento e preparação de combustível	78
Figura 9: Foto da área de ensaio	78
Figura 10: Foto do sistema de coleta de aldeídos e álcool e Amostrador de Volume Constante - AVC.....	79
Figura 11: Foto do Amostrador de Volume Constante - AVC - detalhe	79
Figura 12:Foto do conjunto de balões de coleta para o gás de escapamento diluído e o ar	80
Figura 13: Foto da sala dos analisadores de gases.....	80
Figura 14: Foto da sala de armazenamento de gases	81
Figura 15- Laboratório de Emissão Veicular da CETESB	86

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Média das emissões com AEHC sem conversor catalítico	94
Gráfico 2- Média das emissões com Gasolina Padrão sem conversor catalítico	100
Gráfico 3- Média das emissões com Diesel B2	105
Gráfico 4- Média das emissões com Biodiesel B100	108
Gráfico 5- Comparação entre experimentos e ensaios para CO e HC	112
Gráfico 6- Comparação entre experimentos e ensaios para NOx e NMHC	113
Gráfico 7- Comparação entre experimentos e ensaios para CO2	113

Lista de Tabelas

Tabela 1– Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera	33
Tabela 2- Padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA Nº 03/90.....	36
Tabela 3– Estimativa de emissão das fontes de poluição pela CETESB/2007	50
Tabela 4– Estimativa da contribuição relativa das fontes de poluição pela CETESB.....	51
Tabela 5– Frota de veículos ciclo Otto nos município de Sorocaba e Votorantim	62
Tabela 6– Frota de veículos diesel nos município de Sorocaba e Votorantim	62
Tabela 7– Frota de veículos tipo motocicletas, motonetas, reboque e semi-reboque nos municípios de Sorocaba e Votorantim.....	62
Tabela 8– Frota total de veículos nos municípios de Sorocaba e Votorantim em Dez/2008	63
Tabela 9– Limites PROCONVE.....	69
Tabela 10- Fatores de emissão para motocicletas e similares.....	70
Tabela 11- Modelo de Tabela para cálculo dos Fatores de Emissão - FE	71
Tabela 12– Distribuição da Quilometragem Média Rodada Por Faixa Etária	75
Tabela 13- Experimento em 23/10/2007 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico	90
Tabela 14- Experimento em 24/10/2007 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico	91
Tabela 15- Experimento em 27/05/2008 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico	92
Tabela 16- Experimento em 28/05/2008 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico	92

Tabela 17- Média das emissões com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico	93
Tabela 18- Experimento em 10/03/2009 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico	95
Tabela 19- Experimento em 11/03/2009 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico	95
Tabela 20- Média Ponderada das emissões de veículos movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico.....	96
Tabela 21- Comparação entre os resultados médios obtidos nos experimentos com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível e os padrões médios fixados pelo PROCONVE.....	96
Tabela 22- Experimento em 25/10/2007 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico	98
Tabela 23- Experimento em 29/05/2008 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico	98
Tabela 24- Experimento em 30/05/2008 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico	99
Tabela 25- Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico	99
Tabela 26- Experimento em 12/03/2009 com Gasolina Padrão Petrobrás, com conversor catalítico	101
Tabela 27- Experimento em 13/03/2009 com Gasolina Padrão Petrobrás, com conversor catalítico	102
Tabela 28- Média Ponderada das emissões de veículos movidos à Gasolina Padrão, com conversor catalítico	102
Tabela 29- Comparação entre os resultados obtidos com Gasolina Padrão da Petrobrás e os padrões médios fixados pelo PROCONVE	103
Tabela 30- Experimento em 16/09/2008 com Biodiesel Metropolitano B2, sem conversor catalítico	104
Tabela 31- Experimento em 17/09/2008 com Biodiesel Metropolitano B2, sem conversor	

catalítico.....	104
Tabela 32– Comparação entre os resultados obtidos com Diesel Metropolitano B2 e os padrões médios fixados pelo PROCONVE	106
Tabela 33- Experimento em 18/09/2008 com Biodiesel B100, sem conversor catalítico	107
Tabela 34- Experimento em 19/09/2008 com Biodiesel B100, sem conversor catalítico	107
Tabela 35– Comparação entre os resultados obtidos com Biodiesel B100 e os padrões médios fixados pelo PROCONVE.....	109
Tabela 36- Comparação entre os resultados obtidos nos experimentos e ensaios de homologação de veículos	111
Tabela 37– Frota de Veículos no Estado de São Paulo por ano de fabricação	114
Tabela 38– Descrição da Frota de Veículos no interior do Estado de São Paulo por ano de fabricação	115
Tabela 39– Quilometragem Média Anual Sorocaba/Votorantim	116
Tabela 40– Distribuição da Quilometragem Média Rodada Por Faixa Etária	117
Tabela 41– Frota de Veículos regularizada nos municípios de Sorocaba e Votorantim 2008.....	118
Tabela 42– Composição da Frota de Veículos Ciclo Otto Álcool e Flex em 2008	118
Tabela 43– Composição da Frota de Veículos Ciclo Otto Gasolina em 2008	119
Tabela 44– Composição da Frota de Veículos Diesel, Moto e outros em 2008	119
Tabela 45– Fatores Médios de Emissão dos Veículos em estudo	124
Tabela 46-Comparações entre os Fatores de Emissão para ciclo Otto com Gasolina Padrão e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992	125
Tabela 47-Comparações entre os Fatores de Emissão para ciclo Otto com AEHC – E100 e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992	126
Tabela 48-Comparações entre os Fatores de Emissão para veículos diesel utilizando	

Biodiesel B2 e Biodiesel B100 e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992.....	127
Tabela 49– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e s/ catalisador em (g/Km)	128
Tabela 50– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e s/ catalisador em (t/ano)	129
Tabela 51– Fatores de emissão para a frota total de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e s/ catalisador em (t/ano)	130
Tabela 52– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e c/ catalisador em (g/Km)	131
Tabela 53– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e c/ catalisador em (t/ano)	132
Tabela 54– Fatores de emissão para a frota total de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e c/ catalisador em (t/ano)	133
Tabela 55– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão s/ catalisador em (g/Km)	134
Tabela 56– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão s/ catalisador em (t/ano)	135
Tabela 57– Fatores de emissão para a frota total de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão s/ catalisador em (t/ano)	136
Tabela 58– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão c/ catalisador em (g/Km)	137
Tabela 59– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão c/ catalisador em (t/ano)	138
Tabela 60– Fatores de emissão para a frota total de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão c/ catalisador em (t/ano)	139
Tabela 61– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B2 e sem catalisador em (g/Km)	140
Tabela 62– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando	

Biodiesel B2 e sem catalisador em (t/ano)	141
Tabela 63– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B100 e sem catalisador em (g/Km)	142
Tabela 64– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B100 e sem catalisador em (t/ano)	143
Tabela 65– Fatores de emissão para a frota real de veículos tipo Motocicletas, utilizando Gasool e sem catalisador em (g/Km).....	144
Tabela 66– Fatores de emissão para a frota real de veículos tipo Motocicletas, utilizando Gasool e sem catalisador em (t/ano).....	145
Tabela 67- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com Gasolina Padrão, com catalisador na Região em estudo	146
Tabela 68- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com AEHC – E100, com catalisador na Região em estudo	147
Tabela 69- Estimativa da Emissão total de Veículos com catalisador na Região em estudo	148
Tabela 70- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com Gasolina Padrão sem catalisador na Região em estudo	149
Tabela 71- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com AEHC – E100, sem catalisador na Região em estudo	150
Tabela 72– Estimativa da Emissão total de Veículos sem catalisador na Região em estudo	151

Sumário

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	29
1.1. INTRODUÇÃO.....	29
1.1.1. Projeto tira-teima.....	29
1.1.2. Inventário de emissão veicular.....	30
1.2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR.....	31
1.3. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	34
1.3.1. Parâmetros, padrões e índices.....	34
1.4. LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO.....	37
1.4.1. Município de Sorocaba.....	37
1.4.2. Município de Votorantim.....	38
1.4.3. Comportamento do vento.....	39
1.4.4. Objetivos.....	40
1.4.5. Geral.....	40
1.4.6. Específico.....	40
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	41
2.1. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	41
2.2. UTILIZAÇÃO DA ENERGIA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.....	45
2.3. PROBLEMAS LIGADOS À EMISSÃO DE POLUENTES.....	45
2.3.1. Efeito estufa.....	46
2.3.2. Chuva ácida.....	48
2.4. ESTIMATIVA DE EMISSÕES.....	49
2.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	52
2.5.1. Poluentes.....	52
2.5.2. Dióxido de enxofre (SO ₂).....	52
2.5.3. Hidrocarbonetos (HC).....	52
2.5.4. Monóxido de carbono (CO).....	52
2.5.5. Ozônio (O ₃).....	53
2.5.6. Óxidos de nitrogênio (NO e NO ₂).....	53
2.5.7. Partículas inaláveis (PI).....	53

2.5.8. Aldeídos	54
2.5.9. Acetaldeídos.....	54
2.5.10. Formaldeídos.....	54
2.6. FATORES QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DAS EMISSÕES VEICULARES .	55
2.6.1. Fatores tecnológicos.....	55
2.6.2. Fatores de desgaste e manutenção	56
2.6.3. Fatores operacionais e ambientais.....	56
2.7. FONTES DE EMISSÃO VEICULAR	57
2.8. FROTA DE VEÍCULOS	57
2.8.1. Histórico da frota de veículos dos municípios de Sorocaba e Votorantim	57
2.8.2. Composição da frota de veículos	58
2.8.3. Veículos leves (ciclo Otto).....	61
2.8.4. Veículos pesados (Diesel).....	61
2.8.5. Veículos tipo moto (motocicletas, motonetas, motocicletos, triciclos e quadriciclos).....	61
2.9. FROTAS EM DEZEMBRO DE 2008	62
2.10. EMISSÃO VEICULAR.....	63
3. MATERIAIS E MÉTODOS	65
3.1. MATERIAIS	65
3.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS EMISSÕES VEICULARES.....	66
3.3. METODOLOGIA UTILIZADA PELA CETESB PARA DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE EMISSÃO DE VEÍCULOS NOVOS	67
Fonte: PROCONVE.....	69
3.3.1. Cálculo do fator de emissão para motocicletas e similares.....	69
3.3.2. Os Fatores de Emissão adotados – FE.	70
3.3.3. Cálculo do fator de emissão da frota.....	70
3.4. FROTA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES	74
3.4.1. distribuição da quilometragem média em relação ao ano-modelo dos veículos	74
3.5. INSTALAÇÕES	75
3.5.1. Reagentes, padrões e vidrarias	81
3.5.2. Gases	82
3.5.3. Veículos	82
3.5.4. Combustíveis.....	83
3.6. AMOSTRAGEM	83
3.6.1. Material e método	83
3.6.2. equipamentos	84
3.6.3. Condições dos ensaios/experimentos.....	85
3.6.4. Métodos de ensaio.....	86

3.7. EXPERIMENTOS.....	87
3.7.1. Veículos utilizados	87
3.7.2. Veículo Ciclo Otto.....	87
3.7.3. Veículo Diesel	87
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
4.1. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS.....	89
4.2. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS, COM COMBUSTÍVEL AEHC - ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL	89
4.2.1. Emissões médias, com combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível.....	91
4.2.2. Média das emissões com AEHC- Álcool Etílico Hidratado Combustível	93
4.2.3. Média das emissões com AEHC- Álcool Etílico Hidratado Combustível com conversor catalítico.....	95
4.3. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS, COM COMBUSTÍVEL GASOLINA PADRÃO PETROBRÁS.....	97
4.3.1. Emissões médias, com combustível Gasolina Padrão Petrobrás.....	97
4.3.2. Média das emissões com Gasolina Padrão	99
4.3.3. Média das emissões com Gasolina Padrão, com conversor catalítico.....	101
4.4. EXPERIMENTOS COM BIODIESEL METROPOLITANO B2	104
4.5. EXPERIMENTOS COM BIODIESEL B100	107
4.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS EMISSÕES OBTIDAS DURANTE OS EXPERIMENTOS E OS RESULTADOS DE HOMOLOGAÇÕES DE VEÍCULOS	110
4.7. DISTRIBUIÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS NO ESTADO DE SÃO PAULO.	114
4.8. EXPERIMENTOS SEM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO.....	120
4.9. EXPERIMENTOS COM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO ...	122
4.10. SIMULAÇÕES DOS FATORES DE EMISSÃO	128
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	153
5.1. CONCLUSÕES	153
5.2. SIMULAÇÕES DAS EMISSÕES DA FROTA REAL DE MODELOS CICLO OTTO, SEM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO.....	155
5.3. SIMULAÇÕES DAS EMISSÕES DA FROTA REAL DE MODELOS CICLO OTTO, COM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO.....	156
5.4. EMISSÕES TOTAIS DA FROTA RELATIVA AOS MUNICÍPIOS DE SOROCABA E VOTORANTIM	157
5.5. ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL E SUGESTÕES	157
5.5.1. Sugestão de Melhoria no Transporte Público.....	159

5.6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	161
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
7. ANEXOS	171

Introdução e Objetivos

1.1. INTRODUÇÃO

1.1.1. PROJETO TIRA-TEIMA

Este trabalho, faz parte de um projeto denominado Tira-Teima, o qual, sob a coordenação do Prof. Dr. Josmar Davilson Pagliuso, incentiva, por meio de pesquisas e experimentos, obter respostas à luz da ciência, sobre a realidade das emissões veiculares.

Os integrantes do Projeto Tira-Teima são: Antonio Carlos Seidl Oliveira, Deuzuita dos Santos Oliveira, Edegar Yoshio Hirai, Edson Elpídio Neto e Miriam Cilene Spasiani Rinaldi, prevendo a geração dos seguintes trabalhos:

OLIVEIRA, DEUZUITA S. Avaliação e comparação do potencial de risco mutagênico dos poluentes presentes na exaustão dos combustíveis renováveis (álcool e biodiesel) e não-renováveis (gasolina e diesel) através do bioensaio Trad-SH. (avaliação da mutagenicidade dos poluentes provenientes dos combustíveis através de bioindicador vegetal). Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade

de São Paulo.

HIRAI, E. Y. Caracterização das emissões de aldeídos dos motores de combustão interna, com vista aos combustíveis alternativos utilizados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

RINALDI, MIRIAN C. S. Avaliação, sob condições de campo (na região de Cubatão), da eficiência de amostragem passiva dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) mais tóxicos pela superfície foliar de três espécies vegetais: *Lolium multiflorum* ssp *italicum* cv. Lema; *Tibouchina pulchra* (manacá da serra) e de *Psidium guajava* cv. Paluma (goiabeira), comparando-a com a amostragem de material particulado em filtros de fibra de vidro. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

NETO, EDSON E. Caracterização preliminar das emissões de aldeídos e ácidos carboxílicos em motores de combustão interna. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

1.1.2. INVENTÁRIO DE EMISSÃO VEICULAR

Através de um IEV – Inventário de Emissão Veicular, pretende-se avaliar a contribuição dos veículos automotores na poluição do ar, no município de Sorocaba e região, dando ênfase às suas características de frota e posição geográfica, seus impactos, quantificação e qualificação de emissão de poluentes, dentre eles os precursores de ozônio troposférico, realizando experimentos com a utilização de biodiesel como combustível nos veículos equipados com motores de ignição por compressão (motor diesel), em substituição total ou parcial ao diesel existentes no mercado nacional e a utilização de gasolina padrão e de álcool e suas misturas nos veículos flex equipados com motores de ignição por centelha

(motor ciclo Otto), sem os conversores catalíticos.

Para este trabalho, elegeu-se, como de interesse os poluentes: Monóxido de Carbono (CO), os Hidrocarbonetos (HC), os Óxidos de Nitrogênio (NO_x), os Dióxidos de Carbono (CO₂), os Hidrocarbonetos não Metanos (NMHC), Aldeídos, Formaldeídos e Acetaldeídos. Ressalta-se que a emissão de SO_x é em função do teor de enxofre do combustível e que, no caso do uso de álcool, esta emissão é desprezível, visto que o teor de enxofre neste combustível é próximo de zero ou desprezível. É importante observar que o que denominamos, por convenção, de hidrocarbonetos, significa na realidade a parcela de combustível não queimado ou parcialmente queimado, e que pode ser constituído por hidrocarbonetos, alcoóis, cetonas e outros compostos orgânicos.

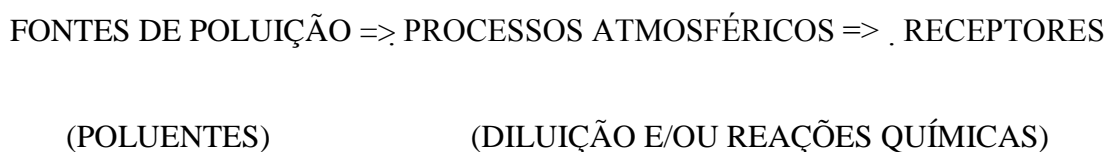
1.2. PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR

O nível de poluição atmosférica é determinado pela quantificação das substâncias poluente presentes no ar. Conforme a Resolução CONAMA N° 3 de 28/06/1990, considera-se poluente atmosférico “qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

Com relação a sua origem, os poluentes podem ser classificados como:

- Primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão;
- Secundários: aqueles formados na atmosfera por meio de reações químicas entre poluentes e/ou constituintes naturais na atmosfera.

Conforme o Relatório da Qualidade do Ar da CETESB/2008, quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, outros animais, plantas e materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera a partir de suas fontes de emissão e suas interações na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas). O sistema pode ser visualizado da seguinte forma:



É importante frisar que, mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode mudar em função das condições de localização, topografia e meteorológicas, as quais determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes. É por isso que a qualidade do ar piora com relação aos parâmetros monóxido de carbono, material particulado e dióxido de enxofre, durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Já o ozônio troposférico apresenta maiores concentrações na primavera e verão, por ser um poluente secundário que depende, além da presença dos precursores, fundamentalmente da intensidade de luz solar para ser formado.

A determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De forma geral, o grupo de poluentes consagrados universalmente como indicadores mais abrangentes da qualidade do ar é composto pelos poluentes já citados; monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado e ozônio,

mais o dióxido de nitrogênio. A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada a sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente, conforme descrito na Tabela 01.

Tabela 1– Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS
Partículas Inaláveis (MP ₁₀ e Fumaça)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera)	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais, pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro e insípido nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas e plantas ornamentais.

Fonte: CETESB Relatório da Qualidade do AR 2008.

1.3. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Conforme a publicação efetuada em 2005, pela Organização Mundial da Saúde – OMS, Os padrões de qualidade do ar, variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. As diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta esta heterogeneidade e, em particular, reconhecem que ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais.

A Portaria Normativa Nº 348 de 14/03/90, do IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referência, ampliando o número de parâmetros anteriormente regulamentados pela Portaria GM Nº 0231 de 27/04/76. Os padrões estabelecidos por essa portaria foram submetidos ao CONAMA em 28/06/90 e utilizados para aedição da Resolução CONAMA Nº 03/90.

1.3.1. PARÂMETROS, PADRÕES E ÍNDICES

Os padrões de qualidade do ar, podem ser divididos em primários e secundários.

São padrões primários de qualidade do ar, as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

São padrões secundários de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da

população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados às áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.). Não se aplicam, pelo menos em curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários.

Segundo a Resolução CONAMA Nº 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários.

Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Os padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA Nº 03/90 são apresentados na Tabela - 02.

Tabela 2- Padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA N° 03/90.

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO µg/m³	PADRÃO SECUNDÁRIO µg/m³	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas Totais em Suspensão	24 horas ¹	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA²	80	60	
Partículas Inaláveis	24 horas ¹	150	150	separação inercial/filtração
	MAA³	50	50	
Fumaça	24 horas ¹	150	100	refletância
	MAA³	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100	pararosnilina
	MAA³	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA³	100	100	
monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas ¹	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
ozônio	1 hora ¹	160	160	quimiluminescência

Fonte: Resolução CONAMA N° 03/90.

Tabela n° 2:

1. Não deve excedido mais que uma vez ao ano.
2. Média geométrica anual.
3. Média aritmética anual.

industriais, dos quais 150 são de médio a grande porte, e 21 considerados prioritários para controle da poluição atmosférica, em função de sua atividade e potencial de emissão (CETESB, 2007).

Segundo dados da Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social - URBES e CEADE/IBGE/2008, Sorocaba possui uma população de cerca de 628.000 habitantes e uma taxa de urbanização de 98,53%. Sua principal característica, é estar localizada entre a Serra de São Francisco, a bacia do Rio Sorocaba e a região de Depressão Periférica com característica predominantemente argilosa, dando a configuração de uma grande bacia ao município, com altitudes na região urbanizada variando entre 574m a 642m. Com relação ao clima, a cidade apresenta uma temperatura média das máximas em torno de 30°C no verão e médias das temperaturas mínimas de 12°C no inverno. A precipitação média anual é de 1.350mm e cerca de 80% ocorre no período de outubro a março. Os ventos predominantes são do quadrante este a sul. Salientando-se que, assim como em outras regiões do Estado a umidade relativa do ar, no período seco, chega a atingir valores de 15%, principalmente no mês de setembro. (CETESB, 2007).

1.4.2. MUNICÍPIO DE VOTORANTIM

A cidade de Votorantim está localizada a sudoeste do Estado de São Paulo, distante 100 km da Capital, nas seguintes coordenadas: latitude 23°33 e longitude 17°27. Ocupa uma área de 177 km². Situa-se em uma região de relevo montanhoso, dotada de declives e vales. A altitude média é de 557m e a máxima chega a 1.019m nos altos da fazenda São Francisco próximo a nascente do córrego do Furquim. A cidade possui clima temperado tropical e temperatura média anual de 20°C, Fazendo limites com os municípios de: Sorocaba, Piedade, Ibiúna, Salto de Pirapora e Alumínio. A região encontra-se em um dos principais eixos industriais do Estado, com importantes vias de acesso como as Rodovias Castelo Branco (SP-

280), Raposo Tavares (SP-270), João Lemes dos Santos (SP-264) e SP-79 que liga a cidade ao litoral sul do Estado.

Segundo dados do IBGE/2008, Votorantim possui uma população de cerca de 99.901 habitantes e sua densidade populacional é de 1,7 pessoas/km².

1.4.3. COMPORTAMENTO DO VENTO

A figura seguir, é apresentada a rosa dos ventos para Sorocaba, durante as 24 horas, no período de 3 anos, onde o vento predominante observado foi de direção ESE. O local da estação de monitoramento da Agência Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, em Sorocaba, possui boa ventilação, apresentando 10,9% de calmaria (velocidade do vento horário menor do que 0,44m/s) em todo o período (CETESB, 2008).

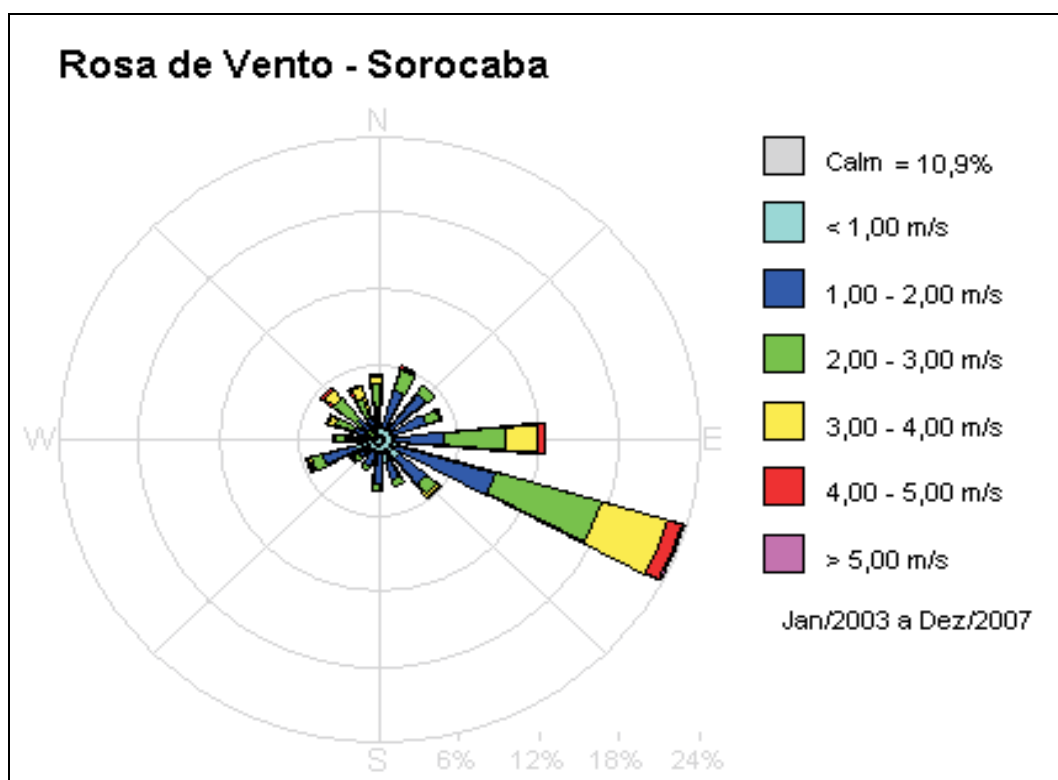


Figura 2 – Rosa dos ventos da região metropolitana de Sorocaba

1.4.4. OBJETIVOS

1.4.5. GERAL

Efetuar um IEV – Inventário de Emissão Veicular, buscando identificar as maiores fontes de emissão de poluentes, realizando avaliações comparativas das emissões veiculares, obtidas por meio do monitoramento estatístico de veículos, vinculando também, com dados obtidos nos experimentos realizados nos Laboratórios da CETESB e USP/EESC. A abordagem de pesquisa deste projeto tem a finalidade de verificar os impactos ambientais causados ao meio ambiente, provenientes da utilização do biodiesel como combustível nos veículos equipados com motores de ignição por compressão (motor diesel), em substituição total ou parcial ao diesel existentes no mercado nacional e a utilização do álcool nos veículos tipo flex equipados com motores de ignição por centelha (motor ciclo Otto), sem os conversores catalíticos.

1.4.6. ESPECÍFICO

Por meio da simulação dos dados obtidos nos experimentos, fornecer uma estimativa quantitativa e qualitativa das emissões, identificando a situação dos veículos em condições muito próximas da realidade das condições de manutenção e circulação da frota legalmente registrada, apesar das restrições impostas pela utilização de apenas dois tipos de veículos durante os experimentos, sendo um tipo ciclo Otto flex e outro do tipo ciclo Diesel.

Investigar a ocorrência de alterações significativas no nível das emissões de poluentes, com ênfase na ausência de conversores catalíticos.

Revisão Bibliográfica

2.1. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A relevância e complexidade do tema, emissões atmosféricas, motiva ao estudo do tipo de fonte, que mais contribui na proporção de fontes emissoras: as fontes veiculares de poluição atmosférica. Esse tipo de fonte tem uma participação acentuada, na degradação da qualidade do ar atmosférico, principalmente em grandes centros urbanos. (BAIRD, 2002).

A elevada motorização, o transporte individual, 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 urbanos.

O crescimento populacional, aliado à crescente demanda por mobilidade, da população, colocou em evidência no final da década de 90, a necessidade de projetos de controle das emissões de poluentes atmosféricos, oriundos do setor de transportes.

O Estado de São Paulo enfrenta uma situação particularmente preocupante por deter

cerca de 40% da frota automotiva do país. Segundo dados da Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo - PRODESP, publicados no site da CETESB em 05 de novembro de 2009, a frota motorizada no Estado, em dezembro de 2007, era de aproximadamente 16,9 milhões de veículos. A frota da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, representava cerca de 8,5 milhões de veículos. A frota de veículos do ciclo Diesel (caminhões, ônibus, microônibus, caminhonetes e vans), no Estado de São Paulo, era composta por 1.077 mil veículos e na RMSP por 457,6 mil veículos.

As emissões veiculares são geradas através das várias reações químicas que ocorrem no interior dos motores de combustão interna. Atualmente, estes compostos são os principais responsáveis pelo aumento da poluição atmosférica, resultando em perdas da qualidade das águas, do ar e do solo, o que resulta na perda da qualidade de vida da população em geral, com o aumento de problemas respiratórios, cardiovasculares, alterações genéticas e cancerígenas, resultando também na degradação de materiais e imóveis em geral.

Apesar da implantação do PROCONVE, impondo exigências, as quais, visam as melhorias tecnológicas e de combustíveis, resultando na redução das emissões veiculares desde a sua criação, estas, baseiam-se principalmente na introdução de tecnologias embarcadas em veículos novos, através da utilização de módulos de mapeamento eletrônicos, sondas lambdas, injeção eletrônica e principalmente a exigência de catalisadores, os padrões de qualidade do ar indicam um aumento dos poluentes atmosféricos, tendo em vista o aumento da frota de veículos, a existência de veículos com mais de 15 anos e a conseqüente baixa frequência e às vezes nenhuma manutenção destes veículos.

Apesar do grande crescimento da frota de veículos na área em estudo, as propostas de intervenções sobre tráfego urbano realizadas pelo planejamento de transportes focam quase que exclusivamente aspectos técnicos de fluidez e segurança, sendo as questões ambientais

raramente contempladas, ou então, são frequentemente consideradas de forma emergencial e genérica.

O problema da concentração de poluentes na área urbana não está ligado apenas à sua produção, isto é à utilização de veículos, mas também à sua dispersão e remoção, a primeira delas causada pela movimentação das massas de ar e a segunda realizada por chuvas, deposição seca, fotólise e outros tipos de reações químicas (FREITAS, 2003).

Os Inventários de Emissões Veiculares – IEV, são instrumentos que permitem analisar a quantidade, natureza e localização das emissões que ocorrem numa determinada região, durante um período de tempo pré-determinado. Os resultados dos inventários colocam em evidência os responsáveis pelas emissões, bem como os tipos de poluentes, avaliando a sua contribuição para a qualidade do ar, tendo como proposta final, um diagnóstico da situação da região em estudo, resultando em uma ferramenta fundamental para os órgãos responsáveis pela prevenção e controle da poluição.

Segundo MILLER (1989) e MOREIRA (2004), apesar de a poluição atmosférica ser reconhecida como um dos dilemas ambientais mais importantes e controvertidos dos tempos modernos, também é um dos problemas mais antigos. Há evidências que quando os primeiros humanos produziram fogo nas cavernas, e a fumaça enchia as áreas de moradia, mesmo quando as casas foram construídas, não existiam chaminés e a fumaça enchia todos os cômodos. Atualmente, ainda existem algumas culturas primitivas sofrendo deste problema. Depois da invenção da chaminé, que remove as partículas não queimadas da combustão dos cômodos, a qualidade do ar interno melhorou muito.

Através dos séculos têm existido várias referências de problemas de poluição atmosférica nas cidades. Em 61 d.C o filósofo romano Sêneca escreveu sobre a poluição em

Roma: ‘Logo que deixei o pesado ar de Roma e o mau cheiro das chaminés esfumaçadas, que se misturando escoavam adiante aquele vapor pestilento e a fuligem que envolvia-nos, eu sentia uma alteração na minha disposição. (MILLER, 1989)’.

A partir da revolução industrial que começou na Inglaterra no meio do século XVIII, a poluição do ar aumentou tremendamente. O combustível mais importante nesta revolução era o carvão, e o século XIX o petróleo e o gás natural tornaram-se gradualmente importantes fontes de energia (MILLER, 1989 e MOREIRA, 2004).

“No Reino Unido a fumaça e as cinzas eram consideradas um problema para a saúde e decretos de saúde pública em 1848, 1866 e 1875 passaram a estabelecer controles (MILLER, 1989)”.

Aproximadamente no ano de 1925, a poluição atmosférica se tornou fato comum em nações industrializadas, os primeiros passos para se encontrar uma solução, surgiram através de levantamentos, realizados em cidades poluídas como: New York em 1937 nos Estados Unidos e em Leicester em 1939 na Inglaterra. (MOREIRA A., 2004).

Os maiores centros de poluição atmosférica tinham se estabelecido nos Estados Unidos, Grã-Bretanha, França, Alemanha, Países Baixos, Suécia e Japão no início da década de 70 (MILLER, 1989).

2.2. UTILIZAÇÃO DA ENERGIA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Apesar da busca por novas fontes de energia, as quais, buscam por meio de novas tecnologias, a obtenção de energia cada vez mais limpa, atualmente, a maior parte da energia utilizada no setor de transportes, ainda é a proveniente dos derivados de petróleo.

Os fatores econômicos ainda prevalecem, uma vez que a energia gerada através da combustão de derivados de petróleo, em alguns países, ainda é mais econômica, se comparada com as fontes alternativas.

Entre os consumidores de petróleo, o segmento mais importante é o de transportes, seguido pelo setor industrial.

2.3. PROBLEMAS LIGADOS À EMISSÃO DE POLUENTES

Segundo OLIVEIRA, D.S., (2005), a poluição atmosférica nos centros urbanos já é vista como um caso de saúde pública, pois estudos epidemiológicos têm mostrado uma relação significativa entre esse tipo de poluição e o aumento de doenças respiratórias, câncer de pulmão, mortalidade infantil e mortalidade de idosos. Os poluentes podem potencialmente provocar efeitos genotóxicos, ou seja, induzir alterações no material genético de organismos a eles expostos, entre os quais, quebras e aberrações cromossômicas e mutações.

A avaliação das concentrações dos poluentes na atmosfera é universalmente consagrada como indicadora precisa da qualidade do ar, mas é importante salientar que as condições meteorológicas (direção e velocidade dos ventos, temperatura, incidência solar, ocorrência de chuvas entre outros) determinam também a maior ou menor diluição dos poluentes, sendo essas interações que determinam os efeitos prejudiciais da poluição sobre o homem, animais e plantas FREITAS, M.K. (2003).

A variedade de substâncias lançadas na atmosfera é muito grande e frequentemente os veículos automotores são os principais emissores de poluentes nas cidades, mais que qualquer outra atividade humana. Essa emissão é composta principalmente por gases como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (MP) (CETESB 2004).

2.3.1. EFEITO ESTUFA

Ao analisarmos as temperaturas da Terra desde a década de 90 até 2008, nosso planeta vem apresentando um aumento em sua temperatura, alteração esta, creditada principalmente ao aumento das concentrações de poluentes, causando uma série de alterações climáticas (CETESB/2008).

O fenômeno denominado Efeito Estufa ou aquecimento global é o aumento da temperatura terrestre, baseado principalmente na ação do dióxido de carbono e outros gases sobre os raios infravermelhos refletidos pela superfície da terra, os quais, parcialmente, são reenviados novamente para a superfície terrestre, mantendo assim uma temperatura estável no planeta, desse total, apenas uma parte refletida escapa para o espaço (USP/2008).

A ação refletora que os chamados "Gases de Efeito Estufa" (dióxido de carbono, metano, clorofluorcarbonetos - CFCs- e óxidos de azoto) têm sobre a raios infravermelhos refletidos pelo planeta, faz com que uma parte destes, sejam reenviados novamente para a superfície terrestre (USP/Educar/2003).

Alguns gases do efeito estufa ocorrem naturalmente na atmosfera, como o vapor d água (H₂O), o CO₂, o CH₄, o N₂O e O₃. Esses gases atuam como uma cobertura natural, mantendo a temperatura do planeta propícia ao desenvolvimento das diferentes formas de vida. Sem este fenômeno, a temperatura média da terra seria em torno de 18°C negativos. Devido ao efeito

estufa, a temperatura média da superfície terrestre é de 15°C, ou seja, aproximadamente 33° mais quente (BAIRD, 2002).

A entrada da radiação solar tem que ser equilibrada por uma saída de calor (radiação térmica) emitida pela Terra. Graças aos gases atmosféricos que regulam o sistema climático da Terra, interceptando a radiação solar, fazendo com que 30% da energia dos raios solares que chegam sejam refletidos de volta para o espaço. O restante (70%) é absorvido pela Terra e pela atmosfera, aquecendo a superfície do planeta. A Terra, então aquecida, reemite energia sob a forma de radiação térmica (radiação infravermelha de onda longa) que tem sua passagem bloqueada principalmente pelo vapor de água e dióxido de carbono existente na atmosfera (BAIRD, 2002).

Do total, apenas uma pequena quantidade de radiação terrestre tende a escapar para o espaço. A figura 03 apresenta um diagrama simplificado do efeito estufa. Observa-se, entretanto que, no equilíbrio, o total de energia solar que entra no sistema é igual ao total de energia térmica que sai (balanço de energia: SAÍDAS = ENTRADAS).

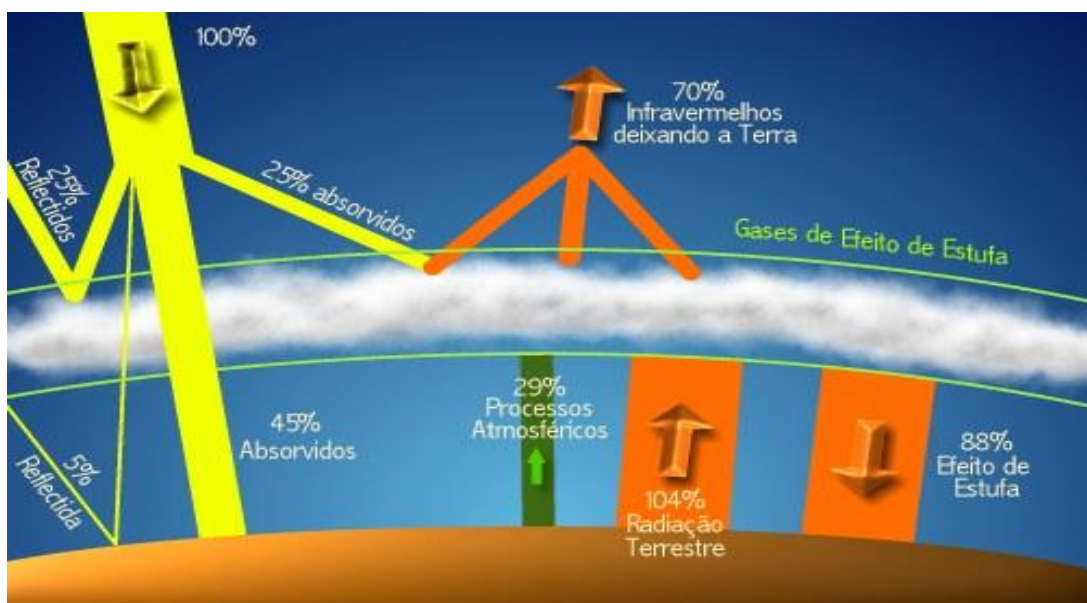


Figura 3 – Simulação de Efeito Estufa-USP/2008.

De um modo geral, as emissões veiculares possuem uma considerável participação no efeito estufa, já que os veículos consomem combustíveis e produzem vapor d água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2). O óxido nitroso (N_2O) também é formado em motores de combustão interna. Já no que se refere às emissões de metano (CH_4), que embora não possam ser quantificadas com precisão, pode-se afirmar que a proporção proveniente dos veículos automotores é significativa. Este poluente é emitido a partir do escapamento dos veículos de combustão interna. O ozônio (O_3) é gerado a partir da reação entre gases (HC e NO_x) emitidos pelos veículos. Essa reação ocorre geralmente na troposfera ativada pela luz solar (BAIRD, 2002).

2.3.2. CHUVA ÁCIDA

Um problema ambiental que afeta várias regiões do mundo é a chuva ácida. Este termo genérico abrange vários fenômenos, como a chuva ácida e a neve ácida, todos relacionados a precipitações substanciais de ácido (BAIRD, 2002).

O fenômeno da 'chuva ácida' foi descrito por Argus Smith, na Grã Bretanha, em meados de 1800, mas permaneceu esquecido até os anos 50. Ele refere-se à precipitação mais ácida que a chuva "natural" (não-poluída), devido à presença de dióxido de carbono atmosférico dissolvido, que forma ácido carbônico (H_2CO_3), depois o ácido ioniza-se parcialmente liberando um íon hidrogênio, com a resultante redução do pH do sistema. Devido a essa fonte de acidez, o pH da chuva 'natural', não poluída, é de cerca de 5,6. Apenas a chuva que apresenta pH mais ácido que isso, ou seja, com um pH menor que 5, é considerada chuva "ácida", tendo em vista a presença de quantidades de traço de ácidos fortes naturais, o que leva a acidez da chuva em ar puro a um nível um pouco mais alto que aqueles existentes pela presença apenas de dióxido de carbono. Ácidos fortes, como HCl, liberados por

erupções vulcânicas, podem produzir temporariamente chuva ácida “natural”, como ocorre em regiões como o Alasca e a Nova Zelândia.

Os ácidos predominantes na chuva ácida são o ácido sulfúrico, H_2SO_4 e o ácido nítrico, HNO_3 . Em termos gerais, a chuva ácida precipita-se segundo a direção do vento em um local distante da fonte dos poluentes primários, isto é, dióxido de enxofre, SO_2 e óxidos de nitrogênio, NO_x . Os ácidos são gerados durante o transporte da massa de ar que contém os poluentes. Deste modo, a chuva ácida é um problema de poluição que não respeita estados nem fronteiras nacionais em razão do deslocamento de longa distância que sofrem com frequência os poluentes atmosféricos. Por exemplo, a maior parte da chuva ácida que cai sobre a Noruega, a Suécia e a Holanda é originada dos óxidos de enxofre e nitrogênio emitidos em outros países europeus.

2.4. ESTIMATIVA DE EMISSÕES

A estimativa de emissão por tipo de fonte e a contribuição relativa de cada fonte, é apresentada na tabela 03. Como o município de Votorantim se localiza muito próximo de Sorocaba, estando os municípios em fase de conurbação, é apresentada a estimativa considerando ambos os municípios.

Tabela 3– Estimativa de emissão das fontes de poluição pela CETESB/2007

Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar de Sorocaba e Votorantim							
			(1000 t/ano)				
		Fonte de Emissão	CO	HC	NO2	SO2	MP
MÓVEIS	Escapamento	gasolina C	19,73	2,03	1,32	0,12	0,14
		álcool e/ou flex	6,81	0,77	0,46	-	-
		Diesel	12,59	1,96	9,11	0,78	0,46
		Motocicleta	14,74	1,98	0,15	0,02	0,06
		Táxi					
	Evaporativa	gasolina C	-	3,56	-	-	-
		álcool e/ou flex	-	0,6	-	-	-
		Motocicleta	-	1,62	-	-	-
	Pneus	Todos	-	-	-	-	0,34
Fixas	Industrial	Indústrias Prioritárias (21)	3,23	0,59	5,49	2,76	2,81
Total			57,10	13,11	16,53	3,68	3,81

Tabela 4– Estimativa da contribuição relativa das fontes de poluição pela CETESB

Contribuição relativa das fontes de poluição do ar de Sorocaba e Votorantim					
Fonte de Emissão		CO (%)	HC (%)	NOx (%)	SOx (%)
Escapamento de veículos	gasolina C	34,55	15,48	7,99	3,26
	Álcool	11,93	5,87	2,78	-
	Diesel	12,59	14,85	55,11	21,20
	Motocicleta	14,74	15,10	0,91	0,54
	Táxi				
Cárter e evaporativa	gasolina C	-	27,15	-	-
	álcool e/ou flex	-	4,58	-	-
	Motocicleta	-	12,36	-	-
Pneus	Todos	-	-	-	-
Operações de processo industrial		5,66	4,50	33,21	75,00
Total		100,00	100,00	100,00	100,00

fonte: CETESB 2007

2.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.5.1. POLUENTES

Conforme o Decreto 8468, de setembro de 1976, que Regulamenta a Lei Nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, Título I, Capítulo I, artigo 3º “Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar ou no solo”.

2.5.2. DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)

Composto formado pela reação do oxigênio com o enxofre contido nos combustíveis industriais (óleos combustíveis) ou automotivos (óleo diesel e gasolina), em concentrações baixas, provoca espasmos dos músculos lisos dos bronquíolos pulmonares, já em concentrações maiores, causam aumento da secreção na mucosa das vias respiratória superiores, provocando inflamação intensa nessa região (CETESB/2008).

2.5.3. HIDROCARBONETOS (HC)

Compostos formados pela reação incompleta do oxigênio com os combustíveis industriais (óleos combustíveis) ou automotivos (óleo diesel e gasolina) ou vapores de combustíveis não queimados, a exposição a altas concentrações provoca intoxicação crônica do organismo, afetando fígado e rins, já a exposição a baixas concentrações acarreta incômodos como dor de cabeça, enjôo e vômitos; os hidrocarbonetos aromáticos (BTX) podem causar câncer e alterações genéticas (CETESB/2008).

2.5.4. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Formado pela combustão incompleta dos combustíveis, em altas concentrações,

provocam a redução na acuidade visual, na capacidade de trabalho, bem como no aprendizado, podendo levar até a morte por asfixia química, já em baixas concentrações, causa afecções de caráter crônico nos sistemas nervoso central, cardiovascular e pulmonar, sendo particularmente nocivo às pessoas anêmicas e com deficiências respiratórias e/ou circulatórias (CETESB/2008).

2.5.5. OZÔNIO (O₃)

O ozônio não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na baixa atmosfera pela reação entre os compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NO_x) em presença de luz solar. Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por atingir diretamente os seres vivos (CETESB/2008).

2.5.6. ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO E NO₂)

Os óxidos de nitrogênio, NO e NO₂, são lançados na atmosfera através de processos de combustão (veicular e industrial). Já os compostos orgânicos voláteis são emitidos através de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais. A formação do ozônio na troposfera inicia-se pela fotólise do NO₂, o produto desta reação, NO, reage rapidamente com O₃ para regenerar o NO₂. Causa irritação nos olhos, nariz e garganta, aumentando a incidência de tosse e asma (CETESB/2008).

2.5.7. PARTÍCULAS INALÁVEIS (PI)

Partículas menores que 10 microns, se comportam como gás, agindo sobre o sistema cardiorrespiratório, afetando crianças e idosos, por complicações respiratórias, as partículas inaláveis da queima do óleo diesel, são mais nocivas porque serem compostas por material

carbonáceo e/ou fuligem (fumaça preta), induzindo ao câncer e alterações genéticas por ser lançado concentrado na zona de respiração (CETESB/2008).

2.5.8. ALDEÍDOS

Em emissões veiculares os dois aldeídos mais significativos são o formaldeído e o acetaldeído, que em média somados podem chegar a mais de 90% dos aldeídos totais (Hirai/2009).

2.5.9. ACETALDEÍDOS

Conforme Abrantes, et al.(2002), em estudos realizados com voluntários, o acetaldeído produziu irritação nos olhos e vias aéreas superiores e sensação de desconforto decorrente da exposição por breves períodos a concentrações a partir de 90 mg/m³e 240 mg/m³, respectivamente. Exposição aguda causa também edema pulmonar, dor de cabeça, dor de garganta, dermatite e conjuntivite.

2.5.10. FORMALDEÍDOS

Segundo Abrantes, et al.(2002), foi observado em voluntários que, em concentrações a partir de 0,06 µg/m³ (0,05 ppb) de formaldeído, causam ardor nos olhos e irritação no trato respiratório, e a partir de 0,12 µg/m³ causam tosse, dispnéia, vômitos, dores de cabeça e irritabilidade, estas sensações variam de acordo com a sensibilidade de cada indivíduo e, em pessoas mais sensíveis causam asma e alergia dérmica, sendo reconhecido seu potencial de dano aos tecidos a partir de 0,5 µg/m³. Os sintomas principais são fraqueza, dor de cabeça, dor abdominal, sensação de ardor nos olhos e garganta, sede, depressão no sistema nervoso central, diarreia, irritação, necrose das mucosas, vômitos, náusea, palidez e dermatites.

2.6. FATORES QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DAS EMISSÕES VEICULARES

O nível das emissões veiculares depende de uma série de fatores, entre eles, a tecnologia do motor, o tipo de combustível, o trânsito, e até mesmo o estilo de condução adotado.

Para Wenzel et al. (2000), a variabilidade nas emissões manifesta-se de duas formas distintas, a variabilidade nas emissões entre veículos e a variabilidade nas emissões formadas por um mesmo veículo. A variabilidade das emissões de um veículo para outro apresenta elevada ordem de magnitude e é consequência dos fatores tecnológicos, do desgaste e da manutenção dos veículos. A variabilidade das emissões de um mesmo veículo é dependente de condições ambientais, operacionais e, em alguns casos, da manutenção do veículo.

2.6.1. FATORES TECNOLÓGICOS

Segundo Jacondino G. B. (2005), os fatores tecnológicos são agrupados em três categorias, (I) equipamentos de controle de emissões; (II) combustíveis; (III) motores, sendo que, os maiores avanços no atendimento aos limites estabelecidos pelo PROCONVE para veículos, foram obtidos com a implementação de melhorias tecnológicas nos veículos brasileiros.

As tecnologias incorporadas para o controle das emissões nos últimos trinta anos, incluem a recirculação dos gases de exaustão para reduzir a formação de NO_x no motor, a adoção do conversor catalítico para o tratamento dos gases de descarga, a substituição dos carburadores por injeção de combustível eletrônica e o controle por computador da mistura ar-combustível e tempo de ignição.

2.6.2. FATORES DE DESGASTE E MANUTENÇÃO

Com o envelhecimento do veículo, e o aumento de sua quilometragem, ocorre uma tendência natural de aumento das emissões ocasionada por uma degradação natural dos equipamentos de controle de poluentes.

A frequência e o tipo de manutenção dispensada aos veículos por seus proprietários podem afetar, não somente os motores e dispositivos de segurança, como também, os equipamentos de controle de emissão.

De acordo com Wenzel et al. (2000), a distribuição das emissões de um grande número de veículos é muito distorcida. A maioria dos veículos possui baixas emissões relativas, enquanto que uma parcela relativamente pequena de veículos com problemas de funcionamento possuem emissões extremamente elevadas.

2.6.3. FATORES OPERACIONAIS E AMBIENTAIS

Para Jacondino G. B. (2005), o padrão de condução está correlacionado com duas variáveis: as condições de operação do veículo são influenciadas pelas características operacionais e físicas do sistema viário e pelo comportamento do condutor. O isolamento destas características é quase impossível, pois a atitude do condutor é influenciada pelas condições do ambiente de condução e vice-versa.

A grande gama de personalidades impõe uma variabilidade nos tipos de condução, porém, a agressividade na forma de conduzir um veículo, resulta em maiores acelerações, as quais desempenham um papel preponderante na formação das emissões de poluentes, sendo seus efeitos mais notados em vias urbanas.

Os experimentos realizados no Laboratório da CETESB demonstram que, uma

condução mais agressiva resulta em um aumento das emissões, ao passo que, uma condução mais moderada pode reduzir as emissões de poluentes.

2.7. FONTES DE EMISSÃO VEICULAR

Em um veículo automotor temos a emissão de gases e partículas pelo tubo de escapamento, vapores através do sistema de alimentação de combustível, gases e vapores pelo respiro do cárter e de partículas originadas do desgaste de pneus e freios.

A emissão de gases e partículas pelo tubo de escapamento é devida às reações químicas associadas ao processo de combustão que ocorrem no motor.

2.8. FROTA DE VEÍCULOS

2.8.1. HISTÓRICO DA FROTA DE VEÍCULOS DOS MUNICÍPIOS DE SOROCABA E VOTORANTIM

Conforme dados da CIRETRAN/Sorocaba, entre 2000 e 2003, cerca de 9 mil veículos eram incorporados anualmente à frota local do município de Sorocaba o que a partir de 2004 subiu para cerca de 12 mil. O crescimento da frota é ainda mais evidente ao comparar a variação de 2002 para 2008.

Em dezembro de 2008, conforme dados da CETESB/PRODESP a frota regularizada de Sorocaba era de 278.257 veículos e a frota regularizada de Votorantim era de 39.282.

Conforme dados da CETESB/PRODESP, em junho de 2009 a frota de Sorocaba subiu para 287.753 veículos e a de Votorantim 40.719, mas existe a possibilidade da frota de veículos ser ainda maior, caso contabilizarmos aqueles que não estão regularizados.

2.8.2. COMPOSIÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS

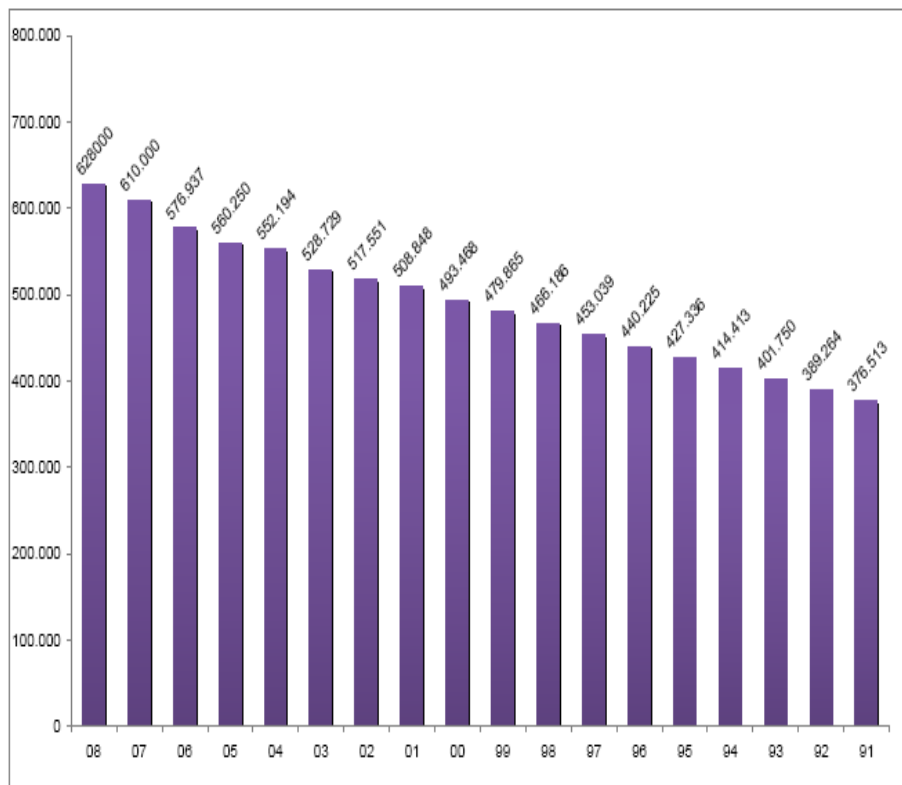
Até dezembro de 2008, a frota de veículos de Sorocaba vinha apresentando um crescimento na média de mil e oitocentos veículos a cada mês, mesmo tendo apresentado diminuição ao se comparar os meses de junho de 2004 e 2005. Sorocaba até o mês de dezembro de 2007 tinha oficialmente 267.452 veículos cadastrados na 19.^a Circunscrição Regional de Trânsito - CIRETRAN, quantidade que a mantinha como detentora da 5.^a maior frota do Estado. Em junho de 2004 eram 223.375, número que no início desse mesmo ano chegou a 230 mil. A posterior redução foi decorrência da retirada de circulação, a partir de fevereiro, de 9 mil veículos sucateados ou que não eram licenciados nos últimos anos.

Caso mantenha o atual percentual de crescimento, a estimativa é que Sorocaba alcance ao final do ano de 2009 aproximadamente 310 mil veículos. Atualmente, a cidade detém 1,5% da frota de veículos do Estado. Segundo a assessoria de imprensa do Departamento de Trânsito - DETRAN, nos 645 municípios paulistas até dezembro de 2008, havia um total de 18,3 milhões de veículos registrados no Estado de São Paulo, sendo que, desse total, 9.100.000 encontram-se distribuídos no interior do Estado e 9.200.000 locados na Região Metropolitana de São Paulo.

A proporção entre o número de carros e habitantes continua alta e acima do índice apontado como ideal pelo DETRAN, que é de um veículo para cada quatro habitantes. Segundo a última atualização populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, referente a julho de 2008, Sorocaba estaria próxima dos 630.000 habitantes. Com base nesse levantamento, conforme as Figuras 04 e 05, haveria na cidade aproximadamente dois carros para cada quatro habitantes.

Cadastro e estatística
URBES
TRÂNSITO E TRANSPORTES

DADOS CENSITÁRIOS



fonte: SEADE
IBGE

Figura 4– População do município de Sorocaba

Fonte: URBES/2008

Cadastro e Estatística
URBES
TRÂNSITO E TRANSPORTES

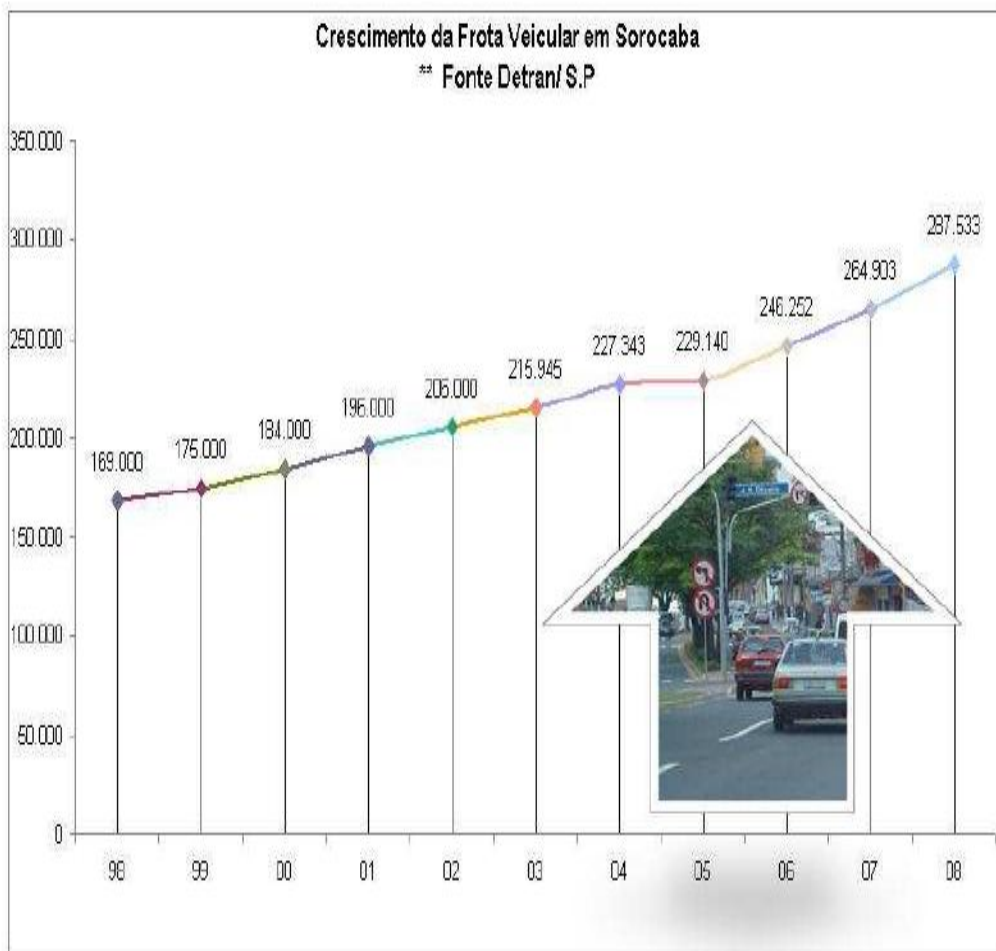


Figura 5– Crescimento da frota veicular no município de Sorocaba

Fonte: URBES 2008

2.8.3. VEÍCULOS LEVES (CICLO OTTO)

Mesmo com o expurgo de veículos realizados em Sorocaba, entre 2002 e 2006, a quantidade de automóveis apresenta um crescimento constante, ultrapassando em dezembro de 2008 a marca de 190.000 mil veículos leves - 67% de toda a frota de veículos dos municípios de Sorocaba e Votorantim.

2.8.4. VEÍCULOS PESADOS (DIESEL)

A quantidade de veículos pesados tipo diesel, registrados nos municípios de Sorocaba e Votorantim, atingiu em dezembro de 2008, o total de 16.042 veículos, sendo 8.655 caminhões, 4.879 camionetas e 2.508 ônibus.

2.8.5. VEÍCULOS TIPO MOTO (MOTOCICLETAS, MOTONETAS, MOTOCICLOS, TRICICLOS E QUADRICICLOS)

A quantidade de motocicletas, motonetas, motociclos, triciclos e quadriciclos, subiu de 48.680 em dezembro de 2006, para pouco mais de 64.730 unidades em dezembro de 2008. Tal categoria representava aproximadamente 15% da frota em 2002, 18,4% em 2006 e atualmente subiu para aproximadamente 20% da frota da região em estudo.

2.9. FROTAS EM DEZEMBRO DE 2008

Tabela 5– Frota de veículos ciclo Otto nos município de Sorocaba e Votorantim

Município	Álcool			Gasolina			Flex		Total Otto
	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Automóvel	Camioneta	
Sorocaba	26.883	2.064	13	124.250	13.538	73	34.423	4.291	205.535
Votorantim	4.698	260	1	18.232	1.592	9	2.373	288	27.453

Tabela 6– Frota de veículos diesel nos município de Sorocaba e Votorantim

Município	Diesel			Total Diesel
	Caminhão	Camioneta	Ônibus	
Sorocaba	7.487	4.446	2.175	14.108
Votorantim	1.168	433	333	1.934

Tabela 7– Frota de veículos tipo motocicletas, motonetas, reboque e semi-reboque nos municípios de Sorocaba e Votorantim

Município	Moto	Reboque	Semi-reboque	Total
Sorocaba	55.316	2.182	1.116	58.614
Votorantim	9.414	333	148	9.895

Tabela 8– Frota total de veículos nos municípios de Sorocaba e Votorantim em Dez/2008

Município	Total de veículos em dezembro/2008
Sorocaba	278.257
Votorantim	39.282
Total Municípios	317.539

2.10. EMISSÃO VEICULAR

Com as normas cada vez mais rígidas para reduzir o número de automóveis poluidores, o Brasil encontra problemas na tarefa de controlar os carros que saíram das fabricas há mais de dez anos, as pesquisas demonstram que aproximadamente 60% da frota nacional é constituída por veículos com mais de dez anos de uso, tornando-os fontes potenciais de poluição, (DENATRAN/RENAEST 2007).

Segundo o professor de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília (UnB), Carlos Alberto Gurgel, o país segue, à risca, todas as recomendações para reduzir o nível de emissões dos carros novos, mas não tem normas severas para veículos que já saíram de fábricas há mais tempo.

Conforme dados da CETESB/2007, os veículos não são os únicos poluidores, mas o grande número de automóveis em circulação confirma que os carros são os grandes emissores e colaboradores para o crescimento do efeito estufa. Tanto é que os governos têm, cada vez

mais, agido com rigor nas questões ambientais relacionadas a emissores. Os veículos saem das montadoras seguindo normas bem severas de emissões e as projeções para o futuro são cada vez mais restritivas.

Materiais e Métodos

3.1. MATERIAIS

Foi realizado o levantamento de dados de literatura relativos às emissões atmosféricas, provenientes de veículos, os quais utilizam combustíveis convencionais e os dados com os resultados obtidos pela CETESB, em ensaios com veículos dotados de conversores catalíticos, comparando-os com os experimentos no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, em veículos sem os conversores catalíticos, visando projetar resultados mais próximos da realidade da maioria dos veículos em circulação.

Após a coleta de dados e experimentos junto ao órgão ambiental, relativamente aos testes realizados junto ao Laboratório de Emissão Veicular da CETESB, o qual realiza ensaios de emissão em veículos leves de passageiros, movidos a álcool, gasolina, diesel B2 metropolitano e biodiesel B100.

À medida que foram levantadas informações relevantes para a proposta apresentada, bem como gerados dados de campo de interesse, foi elaborada uma planilha, que serviu para

simular as análises e correlações das emissões por tipo de veículos e combustíveis utilizados.

3.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS EMISSÕES VEICULARES

A metodologia de cálculo proposta neste trabalho é uma adaptação da norma utilizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, similar à utilizada pela U.S.E.P.A., e considera que a emissão total de um determinado poluente atmosférico por veículos automotores, num determinado período, é a somatória da emissão desse poluente pelos veículos que compõem a frota circulante no referido período.

Considerando que o Inventário de Emissão Veicular tem por objetivo ser um elemento básico para o planejamento de ações de controle, é conveniente que o período considerado seja anual. Para efeito de cálculo, os veículos foram estudados de acordo com o ano-modelo, sua quilometragem média anual, a emissão média ou típica de cada poluente, o número de veículos da frota circulante, bem como a taxa de variação da emissão em função do uso do veículo ao longo do tempo, a qual é determinada como fator de deterioração (FD), porém, devido à utilização de dados de experimentos de apenas 02 tipos de veículos, o FD não foi utilizado no cálculo deste trabalho.

A emissão de cada poluente num determinado ano é calculada multiplicando-se a frota deste ano pela quilometragem anual média dos veículos em circulação e pelo fator de emissão (g/Km) do ano.

O resultado final é expresso em toneladas de poluente emitido por ano (t/ano).

Em pesquisa realizada pela CETESB em 1982, verificou-se que a vida média de uma frota de determinado ano-modelo era de 11 anos, com sua vida total atingindo 22 anos.

Levantamentos mais recentes feitos por outras entidades, apresentam resultados

semelhantes ou próximos, indicando a viabilidade de uso dessa base de cálculo. Portanto, para se estimar a emissão total de cada poluente em um determinado ano, considera-se os 10 anos-modelo anteriores e ainda os veículos com mais de 10 anos de idade, todos englobados em uma só classe, considerada como sendo composta por veículos com os fatores de emissão ponderados pela frota do ano-modelo. A emissão total é, então, dada pela soma dos 11 resultados parciais obtidos para cada ano-modelo, atribuindo-se para cada ano-modelo, um valor de quilometragem média anual.

3.3. METODOLOGIA UTILIZADA PELA CETESB PARA DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE EMISSÃO DE VEÍCULOS NOVOS

A emissão de gases de escapamento dos veículos novos, é determinada através de ensaios conforme a Norma NBR-6601 – Análise dos gases de Escapamento de Veículos Rodoviários Automotores Leves a Gasolina.

O fator de emissão dos veículos a ciclo Otto e Diesel, é a média dos valores obtidos no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, ponderada conforme a participação de cada tipo na frota. Deve-se reconhecer, no entanto, que não são disponíveis resultados com todos os modelos em cada ano de fabricação, em quantidade tal que confira plena confiabilidade estatística aos resultados.

Há que se ressaltar que os FE (fatores de emissão) para os veículos a álcool, gasolina e Diesel (veículos leves) obtidos em ensaios conforme NBR-6601, refletem uma emissão característica das seguintes condições:

- a) velocidade média em tráfego urbano de 31,5 Km/h;
- b) temperatura ambiente de 20 a 30 °C;

- c) umidade relativa do ar de 40 a 60%.

No caso de pequenas variações das condições de referência, é aceitável a sua utilização sem correções, visto que se trata de dados estimativos. Entretanto, para condições bastante diversas, é recomendável a utilização de fatores de correção como os elaborados pela U.S.E.P.A..

Na realização dos inventários da CETESB foram levantados todos os valores já calculados anteriormente e selecionados os mais confiáveis e compatíveis, em função de uma análise global de tendência dos valores médios ao longo do tempo, levando-se em consideração a proporcionalidade de comercialização de cada configuração de veículos, e outros critérios relativos à evolução da concepção dos motores. Foram estabelecidas faixas de mais de um ano-modelo que possuem características semelhantes, tanto técnicas quanto de tendências de mercado, para as quais se determinou um fator de emissão médio, bastante representativo.

Para os modelos fabricados a partir de 1986, em atendimento ao PROCONVE, a indústria automobilística foi obrigada a certificar os valores de emissão de todos os modelos produzidos, bem como enviar relatórios semestrais com os boletins de venda. Diante desses dados, pode ser simulada uma comparação entre a calculada e a média ponderada dos fatores de emissão de cada modelo, determinando-se um fator de emissão médio para cada ano de fabricação.

Para os veículos leves com motor de ciclo Otto, o PROCONVE regulamenta a vigência dos seguintes limites para os fatores de emissão:

Tabela 9– Limites PROCONVE

Ano	CO	HC	NO _x	RCHO ₂	MP ₃	EVAP.4	CÁRTER	CO-ML
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/teste)		(% vol.)
89 – 91	24,0	2,1	2,0	-	-	6	nula	3,0
92 – 96 ⁶	24,0	2,1	2,0	0,15	-	6	nula	3,0
92 – 93	12,0	1,2	1,4	0,15	-	6	nula	2,5
mar/94	12,0	1,2	1,4	0,15	0,05	6	nula	2,5
jan/97	2,0	0,3	0,6	0,03	0,05	6	nula	0,5
mai/03	2,0	0,3	0,6	0,03	0,05	2	nula	0,5
jan/05	2,0	0,165	0,257	0,03	0,05	2	nula	0,57
jan/06	2,0	0,165	0,257	0,03	0,05	2	nula	0,57
Jan/07	2,0	0,306	0,603	0,03	0,05	2	nula	0,57
jan/09	2,0	0,055	0,127	0,02	0,05	2	nula	0,57
jan/09	2,0	0,306	0,253	0,02	0,05	2	nula	0,57

FONTE: PROCONVE

X⁶ Limites máximos de HC para veículos utilizando Gás Natural Veicular

3.3.1. CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO PARA MOTOCICLETAS E SIMILARES

Como os veículos de duas rodas, classificados como motocicletas e similares podem ser equipados com motores de 2 tempos ou de 4 tempos, os quais, apresentam níveis de emissão diferentes, esta classe de veículos é tratada em separado no IEV.

Para este trabalho, considerando que não foram executados experimentos com esse tipo de veículos, foram adotados os FE - Fatores de Emissão do PROMOT, para motocicletas ano

2003 com capacidade menor ou igual à 150cc, tendo em vista tratar-se de um ano modelo médio para os padrões da frota nacional, salientando-se também que, os veículos de menor cilindrada refletem a maioria absoluta das motocicletas em utilização e conseqüentemente as que possuem maior índice de quilometragem rodada.

3.3.2. OS FATORES DE EMISSÃO ADOTADOS – FE.

Tabela 10- Fatores de emissão para motocicletas e similares

ANO	MOTOR (Cap.Vol.)	PROCEDÊNCIA (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)
2003 ⁽¹⁾	<= 150 cc	Nacional	6,25	0,82	0,18	43,30
		Importada	3,32	0,63	0,11	ND
	De 151 cc a 500 cc	Nacional	7,36	1,05	0,15	81,70
		Importada	7,24	1,28	0,18	ND
	>= 501 cc	Nacional	--	--	--	--
		Importada	3,57	0,11	0,11	163,20

Fatores utilizados do PROMOT/ABRACICLO, para motocicletas com capacidade menor ou igual à 150 cilindradas.

3.3.3. CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO DA FROTA

A existência de uma frota composta por veículos de modelos e idades diferentes requer que se conheça, para elaboração do IEV, o Fator de Emissão da Frota (FE_f), o qual representa o valor de emissão característico da frota de veículos sob consideração, resultante da média ponderada dos FE para cada ano-modelo.

A ponderação é feita com base no número de veículos da frota de cada ano-modelo e na distribuição da quilometragem média anual de um veículo, em função a sua idade.

O cálculo do FE para a emissão de CO, HC e NO_x, CO₂, NMHC, Formaldeído, Acetaldeído e Aldeído, pelo tubo de escapamento da frota de veículos movidos a gasolina, álcool e diesel, é demonstrado no modelo de tabela 11, sendo:

Tabela 11- Modelo de Tabela para cálculo dos Fatores de Emissão - FE

FATORES DE EMISSÃO											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano modelo	Número de veículos	% de veículos	Média anual de Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NOX (g/Km)	CO2 (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeído (g/Km)
Pré-1998											
1999											
2000											
2001											
2002											
2003											
2004											
2005											
2006											
2007											
2008											
Total											

Coluna 1 – refere-se à distribuição da frota por ano-modelo (faixas etárias). Esta distribuição consiste em períodos, sendo representativos de anos-modelo.

Coluna 2 – refere-se ao número de veículos registrados na região em estudo, em cada

ano civil. Admite-se neste caso que o ano civil coincide com o ano-modelo.

Coluna 3 – representa a participação percentual de cada ano-modelo na frota total, agrupando-se todos os modelos de veículos fabricados no mesmo ano. Os valores da coluna 3 são calculados com base nos valores da coluna 2, para cada ano-modelo, como segue:

Equação 1: Cálculo da participação percentual de cada ano-modelo na frota total:

$$(3) = \frac{(2)}{\Sigma(2)} * 100$$

Coluna 4 – refere-se à quilometragem média anual por faixa etária e os valores apresentados foram obtidos em um estudo da CETESB. Pode-se observar que os veículos que rodam menos, são geralmente os mais velhos, pois a sua confiabilidade tende a ser menor, visto que em geral os veículos mais novos são utilizados nos casos em que há necessidade de uso mais intenso.

Coluna 5 a 12 – referem-se aos FE de CO, HC, NO_x, CO₂, NMHC, Formaldeído, Acetaldeído e Aldeído, para veículos usados, calculados em função dos valores das colunas 2 e 4, para cada ano-modelo.

Multiplicando-se os valores das colunas 4 pelos FE correspondentes ao ano-modelo, para cada poluente, e somando-se esses produtos, obtêm-se os respectivos FE em relação à g/Km.

Este cálculo é assim representado:

Equação 2: Cálculo dos FEF – Fatores de Emissão da frota correspondentes a cada ano-modelo:

$$\mathbf{FE\ f = \Sigma \{ (2) * (FE) \} = g/Km}$$

- nota: Os números entre parênteses indicam a coluna à qual pertencem os valores para um dado ano-modelo. No caso do FE, este corresponde ao poluente de interesse para o referido ano-modelo.

Multiplicando-se os valores das colunas 2 e 4 pelos FE correspondentes ao ano-modelo, para cada poluente, e somando-se esses produtos, obtêm-se os respectivos FE em relação à t/ano.

Este cálculo é assim representado:

Equação 3: Cálculo dos FE – Fatores de emissão em relação a t/ano:

$$\mathbf{FE\ f = \frac{\Sigma \{ (2) * (FE) *(4) \}}{1000000} = t/ano}$$

- nota: Os números entre parênteses indicam a coluna à qual pertencem os valores para um dado ano-modelo. No caso do FE, este corresponde ao poluente de interesse para o referido ano-modelo.

A média geral da quilometragem rodada anualmente (KM), é um parâmetro básico para a elaboração do IEV. Para este trabalho, devido a ausência de dados confiáveis, a quilometragem média (KM) para os veículos leves, foi a mesma adotada pela CETESB, seguindo os mesmos valores obtidos e utilizados pela Agência Ambiental Paulista, em sua metodologia de Cálculo para Inventário de Emissão veicular - 1992, para cada ano-modelo.

3.4. FROTA DE VEÍCULOS AUTOMOTORES

Os dados de frota de veículos automotores considerados na elaboração do IEV, representam a frota registrada e licenciada para circulação na região em estudo, ressaltando-se que, tendo em vista as divergências encontradas entre os dados oficiais obtidos entre as Prefeituras, Ciretrans e mesmo o Detran, impuseram a utilização de dados mais confiáveis e fornecidos pela CETESB/PRODESP, relativos à dezembro de 2008.

3.4.1. DISTRIBUIÇÃO DA QUILOMETRAGEM MÉDIA EM RELAÇÃO AO ANO-MODELO DOS VEÍCULOS

Visando manter uma relação confiável entre os dados obtidos e os resultados gerados, durante a elaboração deste trabalho, foi adotado o mesmo método utilizado pela CETESB em relação à distribuição da quilometragem média para cada ano-modelo, o qual foi obtido em um estudo realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo em 1992, essa distribuição encontra-se representada na tabela 12.

Tabela 12– Distribuição da Quilometragem Média Rodada Por Faixa Etária

Idade (anos)	km média (anual)
1	22.000
2	19.000
3	17.000
4	15.000
5	14.000
6	14.000
7	14.000
8	13.000
9	13.000
10	13.000
+11	9.500

3.5. INSTALAÇÕES

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Emissão Veicular da CETESB – São Paulo –SP, cujo o local possui as seguintes instalações:

- Área para preparação de veículo (check up, calibragem de pneu, drenagem de combustível e abastecimento de combustível para o ensaio especificado);
- Área para condicionamento térmico de veículo (ambiente com temperatura controlada entre 20 e 30 °C) aparelhado com: um dinamômetro de chassi hidráulico para simular as condições de carga do veículo em pista; um sistema de amostragem do tipo Amostrador de volume constante (AVC) para captar os gases pelo tubo de

descarga do veículo e medir o volume total da mistura gás de escapamento/ar de diluição; um conjunto de balões (“bags”) para coletar o gás de escapamento diluído e o ar ambiente; um ventilador com velocidade constante para resfriar o motor; um “auxiliar de motorista” para orientar o condutor do veículo (motorista) durante a realização do ensaio e; um conjunto de frasco lavadores de gás para captar os aldeídos e álcoois do gás de escapamento diluído e do ar ambiente.

- Área para análise de amostras, composto de uma bancada de analisadores de gases para medir as concentrações de THC, CH₄, CO, CO₂ e NO_x.
- Área para preparação de padrões e solução de coleta, aparelhado com: um cromatógrafo líquido alto desempenho (CLAD) configurado com um detector espectrofotométrico ultravioleta, uma bomba analítica, um injetor, uma coluna cromatográfica e um integrador para análise de aldeídos; um cromatógrafo à gás (CG) configurado com um detector de ionização de chama, um injetor, uma coluna cromatográfica, um forno e um sistema de controle e aquisição de dados para análise de álcoois; uma capela; uma balança analítica; um refrigerador e vidrarias.
- Área para o armazenamento e preparação de combustível;
- Área para o armazenamento de gases de ensaio e de calibração;

A seguir as figuras 6 a 14, mostram as fotos do Laboratório de Emissão Veicular da CETESB:



Figura 6: Foto da área para preparação de veículo (drenagem)

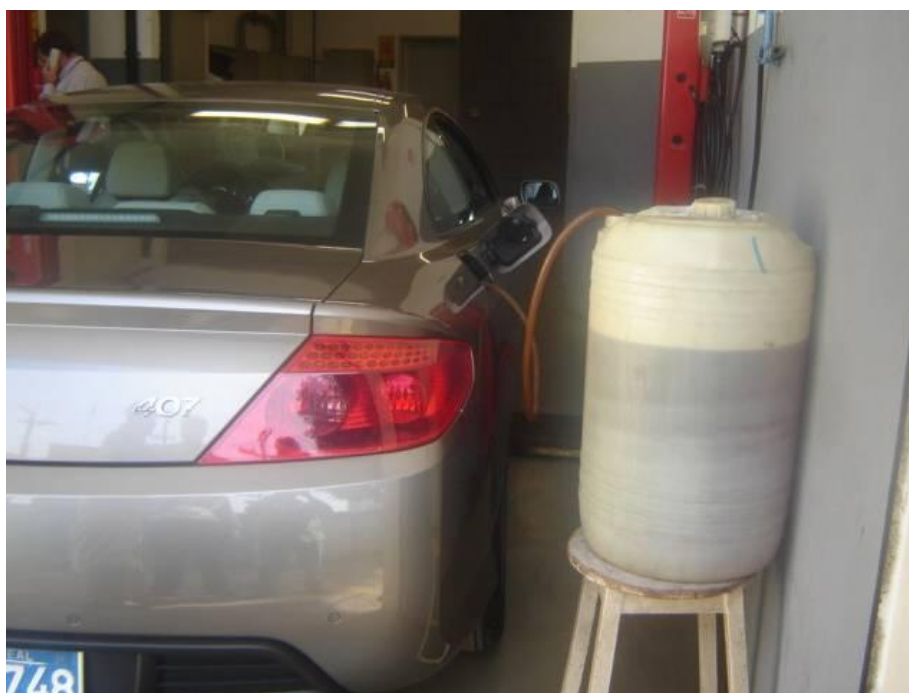


Figura 7: Foto da área para preparação de veículo (abastecimento)



Figura 8: Foto da área para armazenamento e preparação de combustível

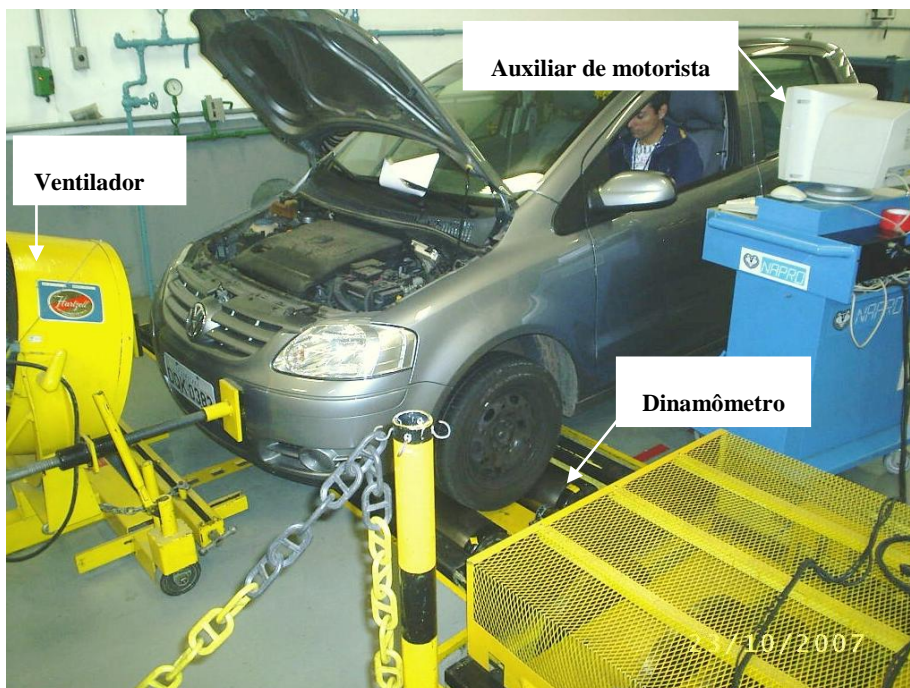


Figura 9: Foto da área de ensaio

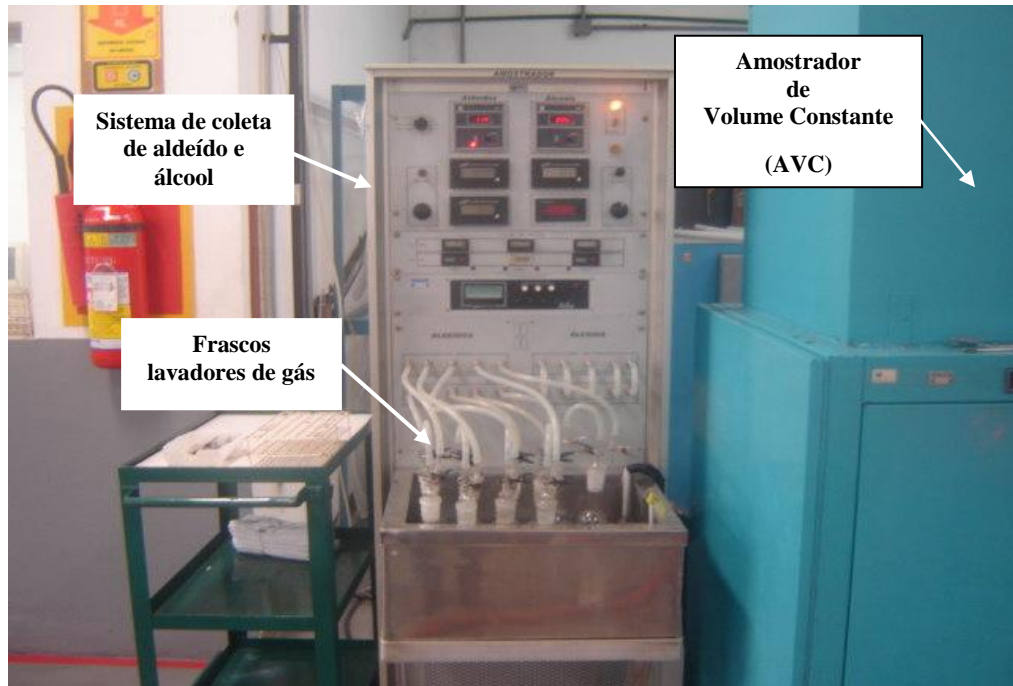


Figura 10: Foto do sistema de coleta de aldeídos e álcool e Amostrador de Volume Constante - AVC



Figura 11: Foto do Amostrador de Volume Constante - AVC - detalhe



Figura 12:Foto do conjunto de balões de coleta para o gás de escapamento diluído e o ar ambiente



Figura 13: Foto da sala dos analisadores de gases



Figura 14: Foto da sala de armazenamento de gases

3.5.1. REAGENTES, PADRÕES E VIDRARIAS

Os reagentes, os padrões e as vidrarias utilizadas na coleta de aldeídos dos ensaios, foram conforme estabelecido na norma NBR ABNT 12026 (2002), disponíveis no laboratório químico e descrito a seguir:

- Acetonitrila grau HPLC da Carlo Erba;
- DNPH - 2,4 dinitrofenilhidrazina Sigma Aldrich, pureza igual a 99%;
- Ácido perclórico grau PA 70% da Merck;
- Padrão de formaldeído da Aldrich, pureza 99%;
- Padrão de acetaldeído da Aldrich, pureza 99%;
- Padrão de verificação (formaldeído e acetaldeído);
- Padrão de acroleína;

- Padrão de propionaldeído;
- Padrão de butiraldeído;
- Padrão de benzaldeído;
- Padrões diluídos (formaldeído; acetaldeído; acroleína; propionaldeído; butiraldeído; benzaldeído);
- Solução de absorção (DNPH/ACN);
- Solução de ácido perclórico 1N;
- Água destilada e deionizada;
- Balão volumétrico classe A de 100 ml;
- Balão volumétrico classe A de 1000 ml;
- Frasco lavador de gás;
- Proveta de 1000 ml;
- Pipeta do tipo bico de papagaio de 25 ml;
- Erlenmeyer de 1000 ml.

3.5.2. GASES

Os gases utilizados nos ensaios e na calibração dos equipamentos são fornecidos pelos fabricantes de gases, certificados por laboratórios pertencentes à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio, acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO e conforme descrito na norma ABNT – NBR 6601 (2005)

3.5.3. VEÍCULOS

Os veículos utilizados nos experimentos foram testados conforme a norma NBR ABNT 6601 (2005) e descrito a seguir:

a. Ciclo Otto

Veículo marca: Volkswagen, modelo FOX 1.6 Flex, ano/modelo: 2005,

Hodômetro: 51.000/71.000/90.000 quilômetros

b. Ciclo Diesel

Veículo marca: Citroën, modelo JUMPER 2.8L Diesel, ano/modelo: 2006

Hodômetro: 148.465 quilômetros

3.5.4. COMBUSTÍVEIS

Para os ensaios com o veículo do ciclo Diesel, foi utilizado o Óleo Diesel Metropolitano contendo 2% de biodiesel (B2) e Biodiesel de SOja (B-100).

Para os ensaios com o veículo do ciclo Otto, foi utilizada Gasolina Padrão da Petrobrás e o Álcool Etílico Hidratado Combustível (E-100/AEHC).

3.6. AMOSTRAGEM**3.6.1. MATERIAL E MÉTODO**

Para realizar este estudo foram utilizados dois veículos, sendo um do tipo leve de ignição por centelha, para ensaios com gasolina e álcool e um do tipo Van de ignição por compressão, para ensaios com diesel e biodiesel.

Nos veículos utilizados, foram realizados ensaios padronizados em dinamômetro de chassis, em laboratório especializado em ensaio de emissões veiculares. Seguiu-se um ciclo padronizado de condução (ABNT, 2005), que simula as condições urbanas de condução do veículo, que é o mesmo procedimento adotado no Brasil para homologação dos veículos

novos.

Este ciclo padronizado é dividido em três etapas, normalmente chamadas de fases. A primeira é a fase fria, pois tanto o motor quanto o catalisador ainda estão frios, tem duração de 505 segundos. A segunda fase é de estabilização, na qual o veículo atinge as temperaturas normais de trabalho, tendo duração de 867 segundos. A terceira fase é idêntica à primeira, porém com temperaturas do motor em sua condição normal de trabalho (ABNT, 2005).

Este procedimento de ensaio utiliza o método de Amostrador de Volume Constante, CVS de sua sigla em inglês, aceito por vários países como adequado para a realização de ensaios transientes.

3.6.2. EQUIPAMENTOS

Os analisadores utilizados nos experimentos com os veículos Otto foram:

Horiba AIA-210: CO, faixas 100, 300, 1000 ppm; CO₂, faixa 4%,

Horiba GFA-220: CH₄, faixa 25 ppm,

Horiba CLA-220: NO_x, faixas 10, 30, 100 ppm

Horiba FIA-220: HC, faixas 10, 30, 100 ppmC de propano,

Os analisadores utilizados nos experimentos com os veículos diesel foram:

Analisador de CO₂ Horiba modelo 23A, faixa 2%, e o analisador de NO_x Tecnomotor modelo TM 131, analisador de gases infravermelho (célula eletrônica).

Antes do início dos ensaios, todos os totalizadores de volume foram calibrados em sua

condição normal de trabalho em termos de pressão e vazão, contra totalizadores rastreados e padrões internacionais, seguindo o procedimento interno de calibração para totalizadores de volume da CETESB.

Os analisadores de gases foram calibrados antes do início de cada ensaio, com padrões de referência (ABNT, 2005), fornecidos por fabricantes de gases, certificados por laboratórios pertencentes à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio, acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO.

3.6.3. CONDIÇÕES DOS ENSAIOS/EXPERIMENTOS

Dado que o projeto está condicionado ao fato de que a determinação do número de amostras a ensaiar está vinculada a fatores limitantes, tais como disponibilidade de tempo e recursos, foram realizados o maior número possível de amostras, procurando sempre que possível, que elas fossem representativas da frota de veículos em circulação nos grandes centros urbanos do país, como idade da frota bem como a quilometragem rodada, a qual foram realizadas nos veículos com motores ciclo Otto e nos veículos com motores diesel no Laboratório de Emissão Veicular da CETESB, conforme mostra a figura a seguir:

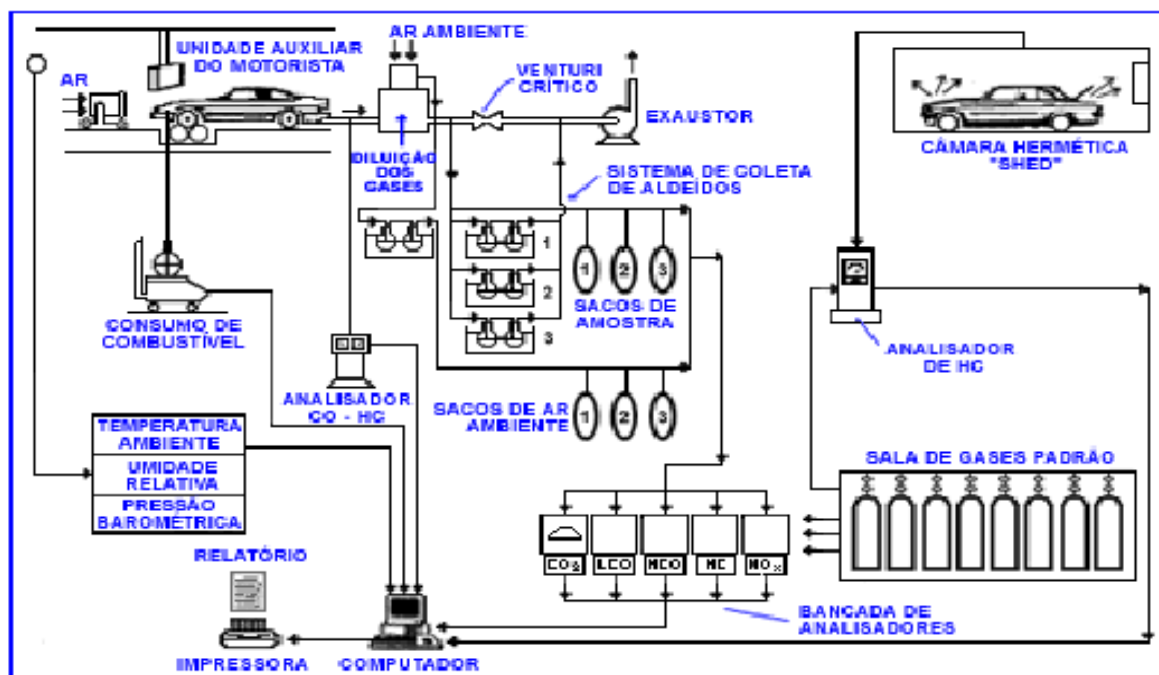


Figura 15- Laboratório de Emissão Veicular da CETESB

Fonte: CETESB

3.6.4. MÉTODOS DE ENSAIO

Para a determinação das demais emissões provenientes dos gases de escapamento dos veículos dos motores Otto e diesel (leves), deve-se analisá-los em dinamômetro de chassi, seguindo um ciclo de condução padrão, desenvolvido pela EPA, conhecido internacionalmente como Federal Test. Procedure 75 (FTP-75), estabelecidos também nas normas brasileiras ABNT NBR 6601 e ABNT NBR-12026.

Execução de ensaios com veículo tipo flex com motor ciclo Otto, utilizando Gasolina Padrão Petrobrás e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível e veículo com motor diesel, utilizando Diesel B2 e Biodiesel B100, ambos sem os conversores catalíticos

Execução de ensaios com veículo tipo flex com motor ciclo Otto, utilizando Gasolina

Padrão Petrobrás e AEHC – Álcool etílico Hidratado Combustível, utilizando conversor catalítico.

Os experimentos foram desenvolvidos em um dinamômetro hidráulico de chassis, no laboratório de testes e homologação de veículos da CETESB.

3.7. EXPERIMENTOS

3.7.1. VEÍCULOS UTILIZADOS

Um Volkswagen tipo ciclo Otto, modelo Fox 1.6-flex ano e modelo 2005 e uma Van Citroen tipo ciclo diesel, tipo Jumper ano 2005 e modelo 2006.

3.7.2. VEÍCULO CICLO OTTO

Foram realizadas duas séries de ensaios sem o conversor catalítico (catalisador) nos períodos compreendidos entre (23, 24 e 25/10/2007) e (27, 28, 29 e 30/05/2008) , no veículo Fox 1.6-flex com Gasolina Padrão da Petrobrás, e AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível.

Foi realizada uma série de ensaios utilizando o conversor catalítico, no período compreendido entre (09, 10, 11, 12 e 13/03/2009), no veículo Fox 1.6-flex com Gasolina Padrão da Petrobrás, e AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível.

3.7.3. VEÍCULO DIESEL

Foram realizados ensaios no período compreendido entre (16 e 19/09/2008), no veículo tipo Van com Diesel metropolitano da Petrobrás-B2, e ensaios com Biodiesel-B100.

Resultados e Discussão

4.1. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

4.2. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS, COM COMBUSTÍVEL AEHC - ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL

As Tabelas 13, 14, demonstram os resultados obtidos através da realização de experimentos com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, com 51.000 km, durante a série de experimentos realizados em 2007, utilizando AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano e ciclo estrada.

Deve-se destacar que, apesar da não utilização do ciclo estrada em ensaios de homologação de veículos novos, estes ensaios foram executados, visando focar uma relação mais próxima da realidade existente na região em estudo, a qual é cortada por rodovias, as quais chegam a fazer divisa entre os municípios em estudo, rodovias essas que, atualmente tornaram-se avenidas de grande movimento, chegando a formar congestionamentos nos chamados horários de pico.

Tabela 13- Experimento em 23/10/2007 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico

Ensaio 23/10/2007 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0351/07	6,658	168,60	1,153	1,877	1,049	0,004	0,012	0,017	7,46	Urbano/Fria	Adilson
0351/07	3,430	114,63	0,490	0,150	x	x	x	x	11,21	Estrada	Adilson
0352/07	3,280	107,94	0,460	0,150	x	x	x	x	11,89	Estrada	Adilson
0353/07	6,320	164,50	1,004	1,914	0,906	0,068	0,201	0,269	7,67	Urbano/Quente	Adilson
0353/07	3,390	114,99	0,510	0,150	x	x	x	x	11,18	Estrada	Adilson
0354/07	3,490	110,22	0,500	0,150	x	x	x	x	11,62	Estrada	Adilson

Os parâmetros NMHC, Formaldeído, Acetaldeído e Aldeídos totais não foram analisados durante os experimentos realizados em ciclo estrada.

Tabela 14- Experimento em 24/10/2007 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico

Ensaio 24/10/2007 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0355/07	6,551	166,00	1,108	1,898	1,009	0,064	0,198	0,262	7,58	Urbano - Fria	Adilson
0355/07	3,310	106,35	0,340	0,140	x	x	x	x	12,10	Estrada	Adilson
0356/07	5,777	142,90	0,859	1,577	0,781	0,070	0,197	0,267	8,81	Urbano - Quente	Rui
0356/07	3,360	101,33	0,400	0,150	x	x	x	x	12,63	Estrada	Rui
0357/07	5,897	159,50	0,684	1,777	0,606	0,059	0,164	0,223	7,97	Urbano - Quente	Edson

Os parâmetros NMHC, Formaldeído, Acetaldeído e Aldeídos totais não foram analisados durante os experimentos realizados em ciclo estrada.

4.2.1. EMISSÕES MÉDIAS, COM COMBUSTÍVEL AEHC - ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL

As Tabelas 15 e 16, demonstram os resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, com 71.000 km, durante a série de experimentos realizados em 2008, utilizando AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano e ciclo estrada.

Tabela 15- Experimento em 27/05/2008 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico

Ensaio 27/05/2008 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível - Emissão Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0151/08	6,808	192,60	0,959	2,042	0,884	0,006	0,014	0,020	6,60	Urbano - Fria	Adilson

Tabela 16- Experimento em 28/05/2008 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico

Ensaio 28/05/2008 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível - Emissão Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0152/08	6,876	191,40	0,828	2,018	0,750	0,000	0,002	0,002	6,65	Urbano - Fria	Adilson

4.2.2. MÉDIA DAS EMISSÕES COM AEHC- ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL

Tabela 17- Média das emissões com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem conversor catalítico

Emissões de veículos tipo Flex – álcool (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
1	6,658	168,600	1,153	1,877	1,049	0,0040	0,0120	0,0170
2	3,430	114,630	0,490	0,150	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
3	3,280	107,940	0,460	0,150	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
4	6,320	164,500	1,004	1,914	0,906	0,0680	0,2010	0,2690
5	3,390	114,990	0,510	0,150	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
6	3,490	110,220	0,500	0,150	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
7	6,551	166,000	1,108	1,898	1,009	0,0640	0,1980	0,2620
8	3,310	106,350	0,340	0,140	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
9	5,777	142,900	0,859	1,577	0,781	0,0700	0,1970	0,2670
10	3,360	101,330	0,400	0,150	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
11	5,897	159,500	0,684	1,777	0,606	0,0590	0,1640	0,2230
12	6,808	192,6	0,959	2,042	0,884	0,0060	0,0140	0,0200
13	6,876	191,4	0,828	2,018	0,75	0,0000	0,0020	0,0020
Média Álcool	5,011	141,612	0,715	1,076	0,855	0,0452	0,1126	0,1514

Média dos ciclos urbano-fria, urbano-quente e ciclo estrada.

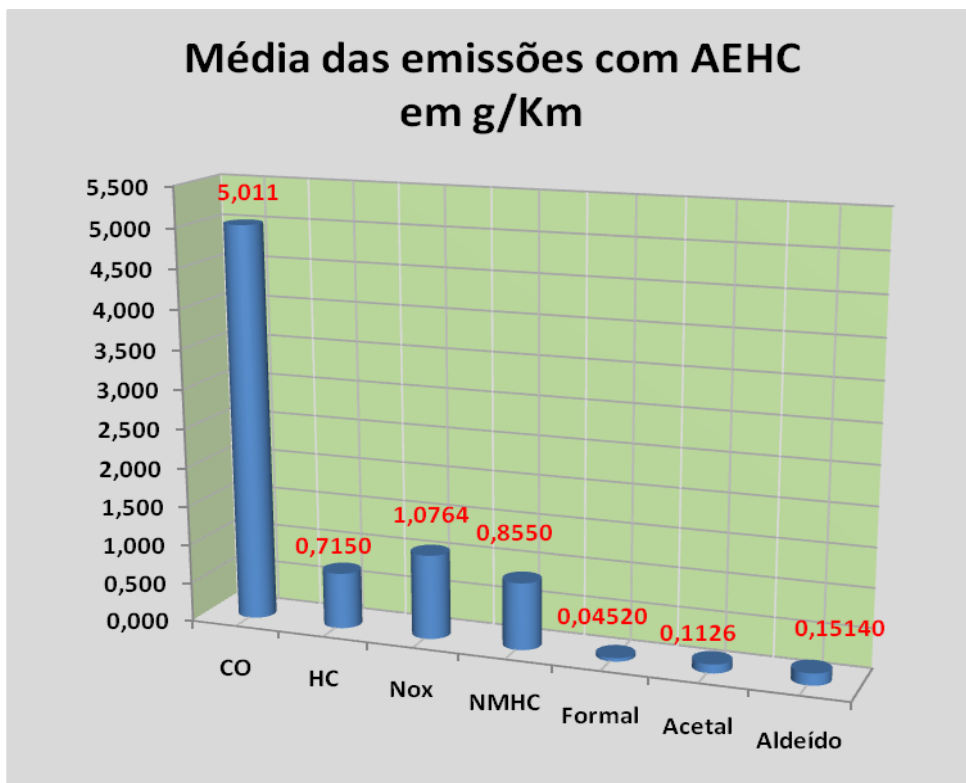


Gráfico 1- Média das emissões com AEHC sem conversor catalítico

O Gráfico 01, demonstra a média dos resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, durante a série de experimentos realizados em 2007 onde o veículo possuía uma quilometragem de 51.000 km e em 2008 onde o mesmo veículo possuía uma quilometragem de 71.000 km, utilizando AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano e ciclo estrada.

4.2.3. MÉDIA DAS EMISSÕES COM AEHC- ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL COM CONVERTOR CATALÍTICO

As Tabelas 18 e 19, demonstram os resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, com 90.000 km, durante a série de experimentos realizados em 2009, utilizando AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano.

Tabela 18- Experimento em 10/03/2009 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico

Ensaio 10/03/2009 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível - Emissão Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	Km/L	Ciclo condução	Condutor
0092/09	0,504	199,80	0,104	0,053	0,077	0,002	0,015	0,017	6,78	Urbano - Fria	Vanderlei

Tabela 19- Experimento em 11/03/2009 com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico

Ensaio 11/03/2009 - Combustível AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível - Emissão Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0093/09	0,436	198,30	0,106	0,045	0,082	0,003	0,017	0,020	6,84	Urbano/ Fria	Vanderlei

Tabela 20– Média Ponderada das emissões de veículos movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, com conversor catalítico

Média ponderada das emissões de veículos movidos à AEHC c/ catalisador - (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
1	0,504	199,80	0,104	0,053	0,077	0,002	0,015	0,017
2	0,436	198,30	0,106	0,045	0,082	0,003	0,017	0,020
AEHC	0,470	199,050	0,105	0,049	0,080	0,003	0,016	0,019

Tabela 21- Comparação entre os resultados médios obtidos nos experimentos com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível e os padrões médios fixados pelo PROCONVE

Emissões de veículos tipo Flex – utilizando AEHC em (g/Km)								
Média Álcool	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais/RCHO
Veículo flex-2005 sem catalisador	5,011	141,612	0,715	1,076	0,855	0,045	0,113	0,151
Veículo flex-2005 com catalisador	0,470	199,050	0,105	0,049	0,080	0,003	0,016	0,019
Fatores médios de emissão Proconve 1992 para veículos leves	3,600	x	0,600	0,500	x	x	x	0,035
Limites máximos de emissão Proconve 1992 para veículos leves	12,000	x	1,200	1,490	x	x	x	0,1500

A tabela 21, demonstra que os resultados obtidos com o veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 – Flex, dotado de centralina e injeção eletrônica, utilizando AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, porém, desprovido de conversor catalítico durante os experimentos, apresentou resultados muito próximos aos Fatores médios de emissão e os Limites máximos de emissão de veículos leves novos ano 1992, fixados pelo PROCONVE, ou seja, comparáveis à primeira etapa do PROCONVE, para veículos carburados e desprovidos de módulos de controle eletrônico.

Em relação à tabela 21, a análise detalhada dos resultados obtidos com a utilização do conversor catalítico, em comparação aos resultados obtidos sem a utilização do respectivo conversor, pode gerar a interpretação de que os resultados indicam que a perda de carga com a utilização de catalisador, pode ser uma das causas do aumento constatado na emissão de CO₂.

4.3. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS, COM COMBUSTÍVEL GASOLINA PADRÃO PETROBRÁS

4.3.1. EMISSÕES MÉDIAS, COM COMBUSTÍVEL GASOLINA PADRÃO PETROBRÁS

As Tabelas 22, 23 e 24, demonstram os resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, durante as séries de experimentos realizados em 2007 e 2008, utilizando Gasolina Padrão Petrobrás, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano e ciclo estrada.

Tabela 22- Experimento em 25/10/2007 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico

Ensaio 25/10/2007 - Combustível Gasolina Padrão (g/km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0361/07	6,281	179,60	1,092	2,808	1,040	0,029	0,020	0,049	12,25	Urbano – Fria	Adilson
0361/07	3,980	123,78	0,440	0,200	x	x	x	x	17,98	Estrada	Adilson
0362/07	5,860	156,10	0,934	2,439	0,893	0,026	0,017	0,043	14,04	Urbano – Quente	Adilson
0362/07	3,520	102,56	0,410	0,200	x	x	x	x	21,60	Estrada	Adilson
0363/07	5,397	144,00	0,839	2,383	0,802	0,033	0,017	0,050	15,23	Urbano – Quente	Adilson

Os parâmetros NMHC, Formaldeído, Acetaldeído e Aldeídos totais não foram analisados durante os experimentos realizados em ciclo estrada.

Tabela 23- Experimento em 29/05/2008 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico

Ensaio 29/05/2008 - Combustível Gasolina - Emissão - Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0153/08	7,312	196,10	0,922	2,792	0,880	0,008	0,010	0,018	11,23	Urbano - Fria	Adilson

Tabela 24- Experimento em 30/05/2008 com Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico

Ensaio 30/05/2008 - Combustível Gasolina - Emissão - Média (g/Km)											
Nº Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0154/08	7,394	202,70	0,969	2,820	0,929	0,012	0,012	0,024	10,00	Urbano - Fria	Adilson

4.3.2. MÉDIA DAS EMISSÕES COM GASOLINA PADRÃO

Tabela 25- Gasolina Padrão Petrobrás, sem conversor catalítico

Emissões de veículos a Gasolina Padrão - (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
1	6,281	179,60	1,092	2,808	1,04	0,029	0,02	0,049
2	3,980	123,78	0,440	0,200	0	0	0	0
3	5,860	156,10	0,934	2,439	0,893	0,026	0,017	0,043
4	3,520	102,56	0,410	0,200	0	0	0	0
5	5,397	144,00	0,839	2,383	0,802	0,033	0,017	0,050
6	7,312	196,10	0,922	2,792	0,88	0,008	0,01	0,018
7	7,394	202,70	0,969	2,820	0,929	0,012	0,012	0,024
Média Gasolina	5,678	157,834	0,801	1,949	0,909	0,022	0,015	0,037

Média dos ciclos urbano-fria, urbano-quente e ciclo estrada.

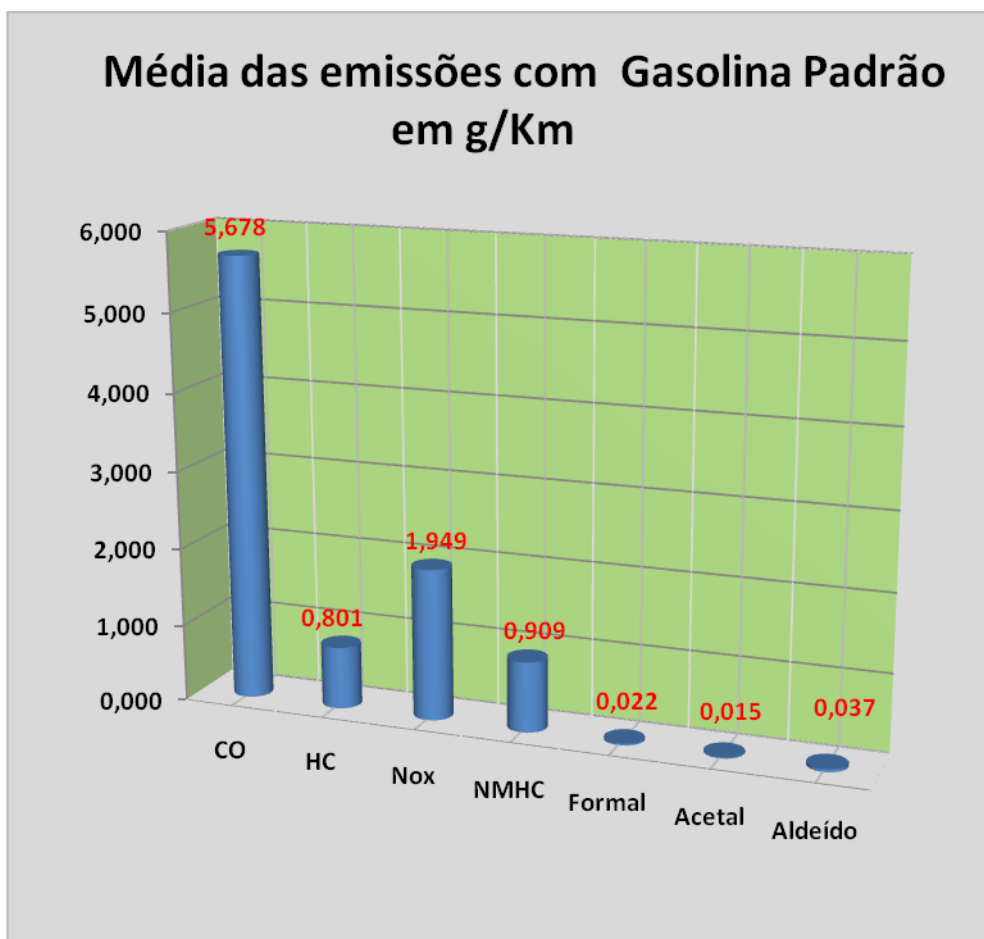


Gráfico 2- Média das emissões com Gasolina Padrão sem conversor catalítico

O Gráfico 02, demonstra a média dos resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, durante a série de experimentos realizados em 2007 onde o veículos possuía uma quilometragem de 51.000 km e em 2008 onde o mesmo veículos possuía uma quilometragem de 71.000 km, utilizando Gasolina Padrão, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano e ciclo estrada.

4.3.3. MÉDIA DAS EMISSÕES COM GASOLINA PADRÃO, COM CONVERSOR CATALÍTICO

As Tabelas 26 e 27, demonstram os resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Fox ano 2005, dotado de motor ciclo Otto flex, com 90.000 km, durante a série de experimentos realizados em 2009, utilizando Gasolina Padrão, com a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano.

Tabela 26– Experimento em 12/03/2009 com Gasolina Padrão Petrobrás, com conversor catalítico

Ensaio 12/03/2009 - Combustível Gasolina Padrão - Emissão Média (g/Km)											
N° Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0094/09	0,295	200,20	0,059	0,095	0,050	0,002	0,005	0,007	11,76	Urbano - Fria	Vanderlei

Tabela 27– Experimento em 13/03/2009 com Gasolina Padrão Petrobrás, com conversor catalítico

Ensaio 13/03/2009 - Combustível Gasolina Padrão - Emissão Média (g/Km)											
N° Ensaio	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais	(Km/L)	Ciclo condução	Condutor
0095/09	0,393	201,60	0,077	0,110	0,065	0,0014	0,0022	0,0036	11,67	Urbano/ Fria	Vanderlei

Tabela 28– Média Ponderada das emissões de veículos movidos à Gasolina Padrão, com conversor catalítico

Média ponderada das emissões de veículos movidos à Gasolina c/ catalisador - (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
1	0,2950	200,2000	0,0590	0,0950	0,0500	0,0019	0,0049	0,0068
2	0,3930	201,6000	0,0770	0,1100	0,0650	0,0014	0,0022	0,0036
Gasolina Padrão	0,3440	200,9000	0,0680	0,1025	0,0575	0,0017	0,0036	0,0052

Tabela 29– Comparação entre os resultados obtidos com Gasolina Padrão da Petrobrás e os padrões médios fixados pelo PROCONVE

Emissões de veículos tipo Flex – gasolina em (g/Km)								
Média Gasolina	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais/RCHO
Veículo flex-2005 sem catalisador	5,678	157,834	0,801	1,949	0,909	0,0220	0,0150	0,0370
Veículo flex-2005 com catalisador	0,344	200,900	0,068	0,1025	0,0575	0,0017	0,0036	0,0052
Fatores médios de emissão Proconve 1992 para veículos leves	6,200	X	0,600	0,6000	x	x	x	0,0250

A Tabela 29 demonstra que os resultados obtidos com o veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 – Flex, dotado de centralina e injeção eletrônica, utilizando Gasolina Padrão da Petrobrás, porém, desprovido de conversor catalítico durante os experimentos, apresentou resultados muito próximos aos Fatores médios de emissão de veículos leves novos ano 1992, fixados pelo PROCONVE , ou seja, comparáveis à primeira etapa do PROCONVE, para veículos dotados de centralina e injeção eletrônica.

4.4. EXPERIMENTOS COM BIODIESEL METROPOLITANO B2

Após análise dos resultados obtidos, foi constatado que o equipamento utilizado, possuía um limite de detecção muito acima do esperado para o sistema de diluição, motivo pelo qual, a análise dos parâmetros CO e HC ficou prejudicada durante os experimentos com B2.

Tabela 30- Experimento em 16/09/2008 com Biodiesel Metropolitano B2, sem conversor catalítico

Ensaio 16/09/2008 - Combustível Biodiesel Metropolitano B2 - Emissão - Média Ponderada - (g/Km)								
Nº Ensaio	CICLO	CO	HC	CO ₂	NO ^x	Formaldeído	Acetaldeído	aldeído total
401/08	URBANO – FTP75	0,000	0,000	271,6	0,745	0,0076	0,0045	0,012

Tabela 31- Experimento em 17/09/2008 com Biodiesel Metropolitano B2, sem conversor catalítico

Ensaio 17/09/2008 - Combustível Biodiesel Metropolitano B2 - Emissão - Média Ponderada - (g/Km)								
Nº Ensaio	CICLO	CO	HC	CO ₂	NO _x	Formaldeído	Acetaldeído	aldeído total
402/08	URBANO - FTP-75	0,000	0,000	272,2	0,940	0,0150	0,0089	0,024

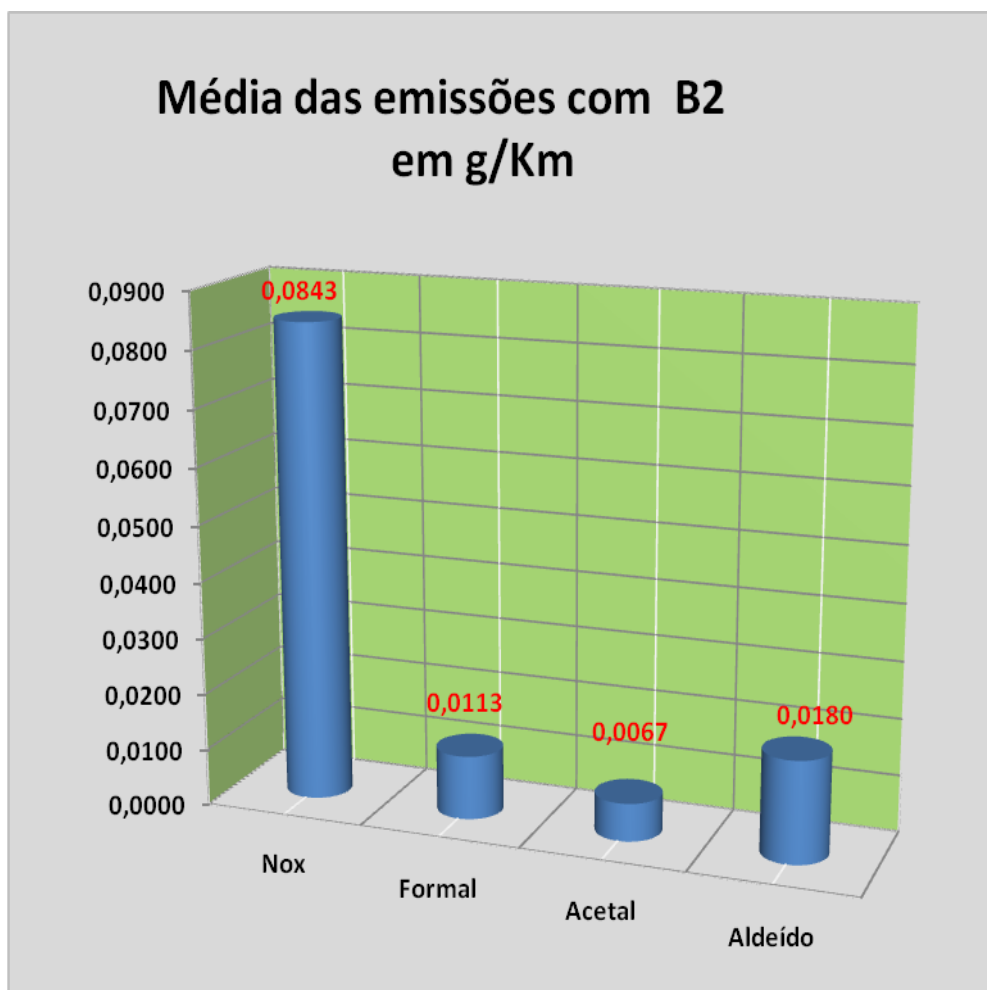


Gráfico 3- Média das emissões com Diesel B2

O Gráfico 03, demonstra a média dos resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Jumper ano 2005 e modelo 2006, dotado de motor ciclo Diesel, durante a série de experimentos realizados em 2008 onde o veículos possuía uma quilometragem de 148.000 km, utilizando Diesel Metropolitano B2, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano.

Tabela 32– Comparação entre os resultados obtidos com Diesel Metropolitano B2 e os padrões médios fixados pelo PROCONVE

Emissões de veículos tipo diesel – Diesel B2 em (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
Veículo Van- 2006 sem catalisador	0,000	271,6	0,000	0,745	x	0,0076	0,0045	0,012
	0,000	272,2	0,000	0,940	x	0,0150	0,0089	0,024
Média Diesel B2		271,9		0,8425		0,0113	0,0067	0,018
Proconve Ano 2006 para veículos com carga < 1700kg fase L3 3 L4	2,00	x	0,30	0,60	0,16			0,0030 *

* não regulamentado para veículos diesel.

A tabela 32, demonstra que os resultados obtidos com o veículo ciclo diesel, Marca Citroën, modelo Microônibus Jumper, dotado de centralina e injeção eletrônica, utilizando Diesel Metropolitano B2, porém, desprovido de conversor catalítico durante os experimentos, apresentou resultados acima dos fatores médios de emissão de veículos leves novos, ano 2006, fixados pela Fase L3 e L4 do PROCONVE, (com excessão de aldeídos totais, os quais, não encontram-se regulamentados para veículos diesel), para veículos dotados de centralina e injeção eletrônica.

4.5. EXPERIMENTOS COM BIODIESEL B100

Após análise dos resultados obtidos, foi constatado que o equipamento utilizado, possuía um limite de detecção muito acima do esperado para o sistema de diluição, motivo pelo qual, a análise dos parâmetros CO e HC ficou prejudicada durante os experimentos com B100.

Tabela 33- Experimento em 18/09/2008 com Biodiesel B100, sem conversor catalítico

Ensaio 18/09/2008 - Combustível Biodiesel B100 - Emissão - Média Ponderada - (g/Km)								
Nº Ensaio	CICLO	CO	HC	CO ₂	NOx	Formaldeído	Acetaldeído	aldeído total
403/08	URBANO - FTP-75	0,000	0,000	274,7	1,199	0,0213	0,0084	0,030

Tabela 34- Experimento em 19/09/2008 com Biodiesel B100, sem conversor catalítico

Ensaio 19/09/2008 - Combustível Biodiesel B100 - Emissão - Média Ponderada - (g/Km)								
Nº Ensaio	CICLO	CO	HC	CO ₂	NOx	Formaldeído	Acetaldeído	aldeído total
404/08	URBANO - FTP-75	0,000	0,000	282,8	1,178	0,0189	0,0076	0,027

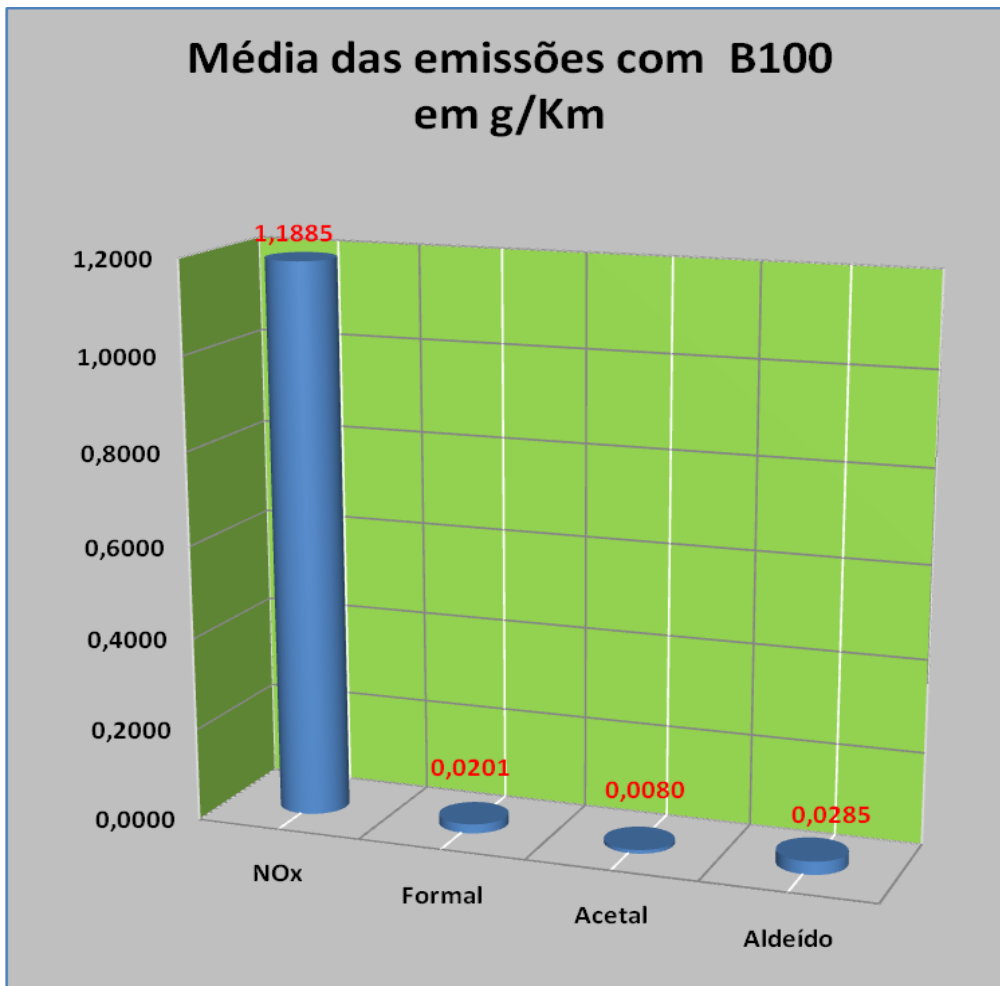


Gráfico 4- Média das emissões com Biodiesel B100

O Gráfico 04, demonstra a média dos resultados obtidos através da realização de ensaios com veículo tipo Jumper ano 2005 e modelo 2006, dotado de motor ciclo Diesel, durante a série de experimentos realizados em 2008 onde o veículos possuía uma quilometragem de 148.000 km, utilizando Biodiesel B100 de soja, sem a utilização de conversor catalítico e referem-se a experimentos em ciclo urbano.

Tabela 35– Comparação entre os resultados obtidos com Biodiesel B100 e os padrões médios fixados pelo PROCONVE

Emissões de veículos tipo diesel – Biodiesel B100 em (g/Km)								
	CO	CO ₂	HC	NO _x	NMHC	Formal	Acetal	Adeídos Totais
Veículo Van-2006, sem catalisador	0,000	274,7	0,000	1,199	x	0,0213	0,0084	0,030
	0,000	272,8	0,000	1,178	x	0,0189	0,0076	0,027
Média B100		273,75		1,1885		0,0201	0,008	0,0285
Proconve Ano 2006 para veículos com carga < 1700kg fase L3 3 L4	2,00	x	0,30	0,60	0,16			0,0030 *

* não regulamentado para veículos diesel.

A tabela 35, demonstra que os resultados obtidos com o veículo ciclo diesel, Marca Citroën, modelo Microônibus Jumper, dotado de centralina e injeção eletrônica, utilizando Biodiesel B100, porém, desprovido de conversor catalítico durante os experimentos, apresentou resultados acima dos Fatores médios de emissão de veículos leves novos ano 2006, fixados pela Fase L3 e L4 do PROCONVE, (com excessão de aldeídos totais, os quais, não encontram-se regulamentados para veículos diesel), para veículos dotados de centralina e injeção eletrônica.

4.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS EMISSÕES OBTIDAS DURANTE OS EXPERIMENTOS E OS RESULTADOS DE HOMOLOGAÇÕES DE VEÍCULOS

Apesar do planejamento, a limitação da utilização de apenas dois tipos de veículos, sendo um tipo Otto e outro tipo Diesel, impôs a necessidade de validar os dados obtidos, pois, estes, apesar de seguirem as normas existentes, ainda poderiam causar incorreta interpretação dos resultados e até mesmo gerando dúvidas sobre os mesmos.

Visando dirimir eventuais dúvidas e buscando dar maior credibilidade aos dados obtidos, foram efetuadas algumas comparações entre as médias dos resultados obtidos durante os experimentos e alguma médias de ensaios de homologação com veículos flex do tipo ciclo Otto, ambos com ano de fabricação 2005, semelhantes ao modelo utilizado durante os experimentos, sendo um veículo modelo FOX 1.6 flex ano 2005 e um veículo modelo Siena 1.6 flex ano 2005.

Os resultados da análise das médias de CO, HC, NO_x, NMHC e CO₂ entre os experimentos realizados são demonstrados através da tabela 36.

Tabela 36- Comparação entre os resultados obtidos nos experimentos e ensaios de homologação de veículos

Combustível	Condições	Fator de Emissão (g/Km)				
		CO	HC	NO _x	CO ₂	NMHC
Gasolina Padrão	Experimento sem catalisador	5,678	0,801	1,949	157,834	0,909
	Experimento com/ catalisador	0,344	0,068	0,103	200,900	0,058
Álcool E-100%	Experimento sem catalisador	5,011	0,715	1,076	141,612	0,855
	Experimento com catalisador	0,504	0,104	0,053	199,800	0,077
	Experimento com catalisador	0,436	0,106	0,045	198,300	0,082
	Média dos experimentos com catalisador	0,470	0,105	0,049	199,050	0,080
Ensaio de homologação de veículos novos						
Álcool E-100%	Fox 1.6 flex 2005 com catalisador	0,550	x	0,070	189,600	0,100
Álcool E-50%	Fox 1.6 flex 2005 com catalisador	0,760	x	0,090	197,700	0,008
Gasool E-22%	Siena 1.6 flex 2005 com catalisador	2,250	0,220	0,400	205,000	0,190
Gasool E-22%	Fox 1.6 flex 2005 com catalisador	0,490	x	0,090	204,000	0,090

A análise das médias de CO, HC, NO_x, NMHC e CO₂ entre os experimentos realizados e as médias dos ensaios de homologação de veículos, utilizando AEHC (E-100%), demonstram similaridade e coerência, validando-os em relação à frota circulante.

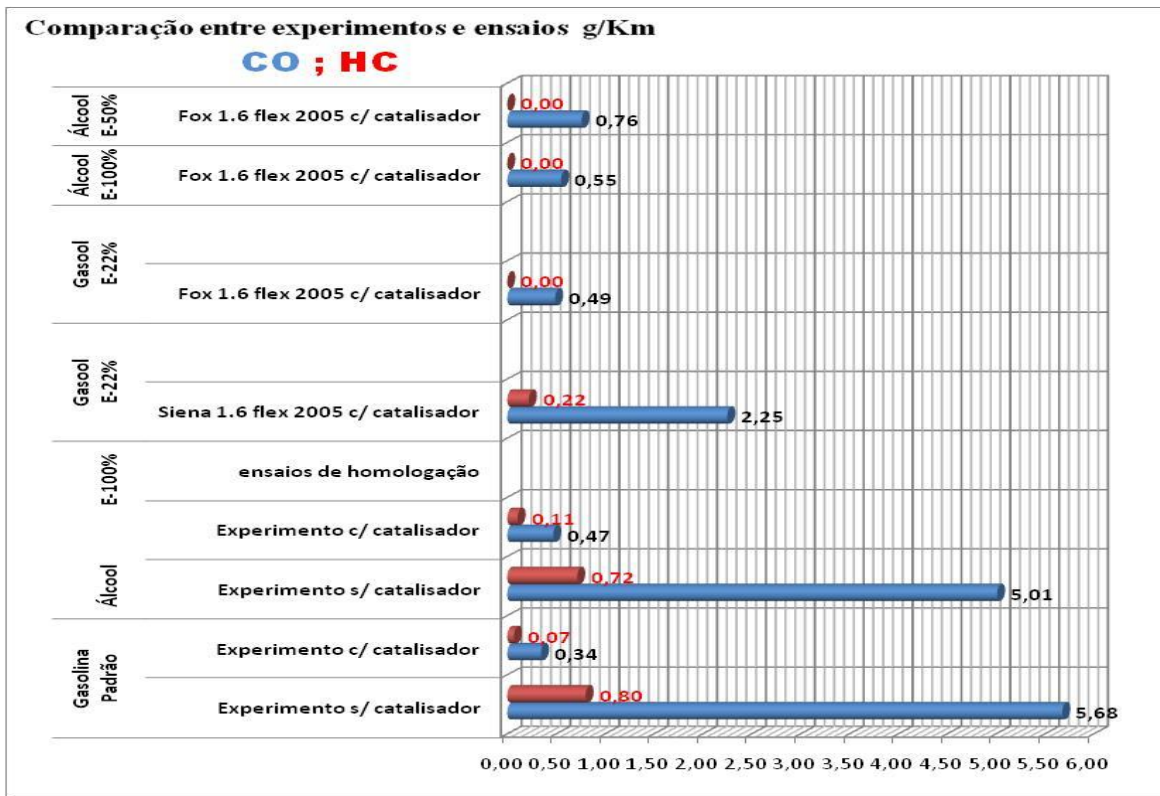


Gráfico 5- Comparação entre experimentos e ensaios para CO e HC

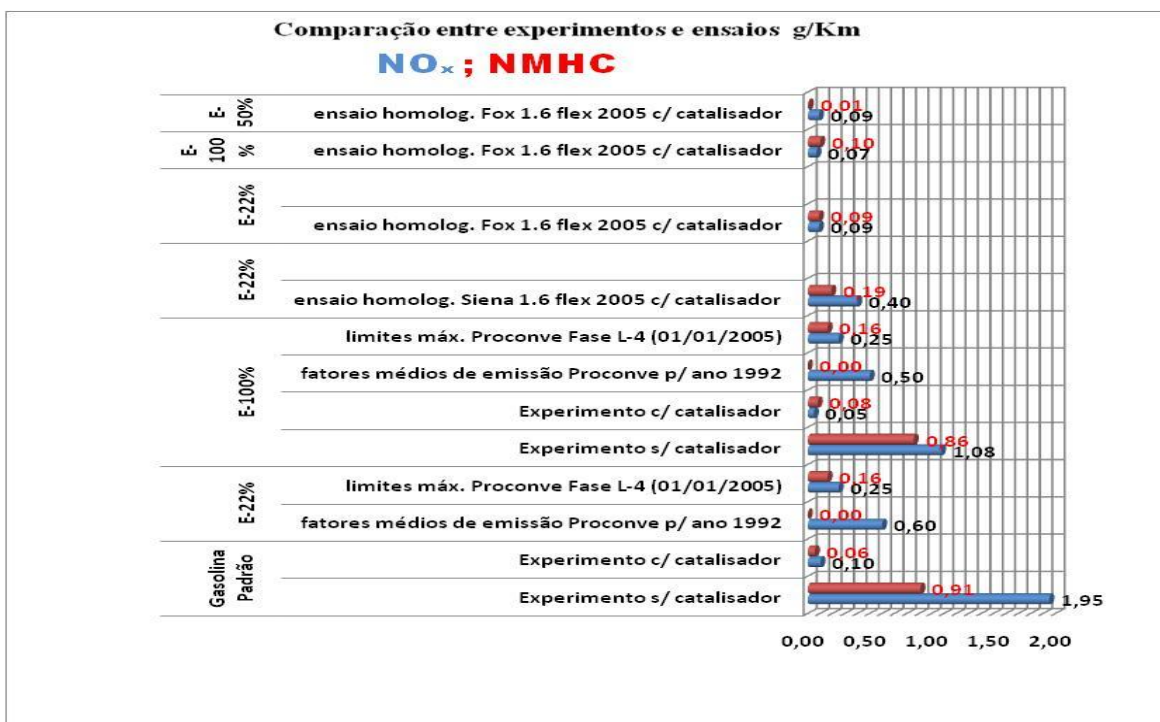
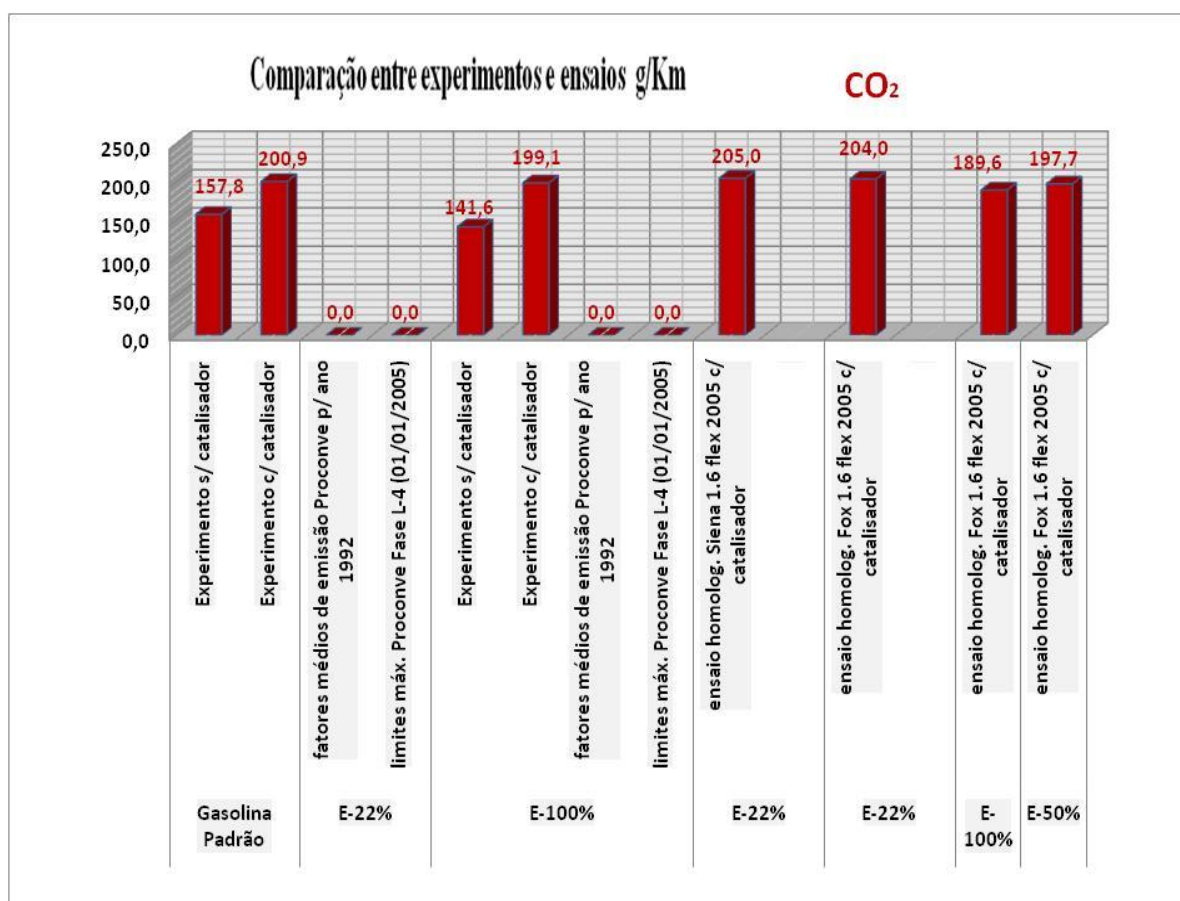


Gráfico 6- Comparação entre experimentos e ensaios para NOx e NMHC

Gráfico 7- Comparação entre experimentos e ensaios para CO₂

Ao analisarmos as médias dos resultados obtidos nos experimentos realizados com Gasolina Padrão (pura) e Álcool AEHC (E-100%), com os resultados médios dos ensaios de homologação de veículos, os quais utilizaram Gasool (E-22%), Gasool (E-50%) e Álcool AEHC (E-100%), devemos ressaltar que, apesar de alguns ensaios utilizarem combustíveis diferentes aos utilizados nos experimentos, os dados obtidos nos experimentos, apresentaram coerência com os resultados dos ensaios de homologação de veículos, tornando-os mais confiáveis em relação à frota circulante.

4.7. DISTRIBUIÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tabela 37– Frota de Veículos no Estado de São Paulo por ano de fabricação

Frota de Veículos no Estado de São Paulo por ano de fabricação			
CAPITAL		INTERIOR	
total anterior	1.060.634	total anterior	2.249.358
1985	107.429	1985	232.025
1986	127.745	1986	262.136
1987	92.863	1987	186.514
1988	112.749	1988	219.181
1989	119.949	1989	234.765
1990	109.961	1990	210.238
1991	120.005	1991	219.415
1992	112.056	1992	196.922
1993	167.794	1993	295.942
1994	211.495	1994	374.019
1995	270.476	1995	472.700
1996	260.067	1996	490.902
1997	317.396	1997	587.809
1998	244.354	1998	436.489
1999	192.963	1999	351.216
2000	246.348	2000	436.082
2001	249.590	2001	480.214
2002	232.392	2002	448.183
2003	220.421	2003	430.303
2004	264.245	2004	509.411
2005	299.867	2005	574.023
2006	340.933	2006	678.801
2007	412.560	2007	848.631
2008	121.164	2008	261.490
	6.015.456		11.686.769

Fonte - DETRAN-SP - 21/5/2008

Tabela 38– Descrição da Frota de Veículos no interior do Estado de São Paulo por ano de fabricação

Frota de veículos do interior do estado de São Paulo		
Ano	Número	%
1984	2.249.358	19,25%
1985	232.025	1,99%
1986	262.136	2,24%
1987	186.514	1,60%
1988	219.181	1,88%
1989	234.765	2,01%
1990	210.238	1,80%
1991	219.415	1,88%
1992	196.922	1,68%
1993	295.942	2,53%
1994	374.019	3,20%
1995	472.700	4,04%
1996	490.902	4,20%
1997	587.809	5,03%
1998	436.489	3,73%
1999	351.216	3,01%
2000	436.082	3,73%
2001	480.214	4,11%
2002	448.183	3,83%
2003	430.303	3,68%
2004	509.411	4,36%
2005	574.023	4,91%
2006	678.801	5,81%
2007	848.631	7,26%
2008	261.490	2,24%
Total	11.686.769	100%

Fonte - DETRAN-SP - 21/5/2008

Os resultados demonstrados na tabela 39, foram obtidos através da composição das três fontes de dados mais confiáveis e disponíveis, sendo que, para elaboração do número total de veículos, foram utilizados os dados da CETESB, para a composição da proporção da frota de veículos dos municípios de Sorocaba e Votorantim até 2007, foram utilizados os dados do DETRAN-SP (relativos ao interior do Estado de São Paulo) e para a obtenção do total de veículos relativos ao ano de 2008, foram utilizados os dados do RENAEST/2008.

Tabela 39– Quilometragem Média Anual Sorocaba/Votorantim

Frota de veículos dos Municípios de Sorocaba e Votorantim			
Ano	Número	%	Média anual de Km
1984	46.805	14,74	9.500
1985	6.319	1,99	9.500
1986	7.113	2,24	9.500
1987	5.081	1,60	9.500
1988	5.970	1,88	9.500
1989	6.383	2,01	9.500
1990	5.716	1,80	9.500
1991	5.970	1,88	9.500
1992	5.335	1,68	9.500
1993	8.034	2,53	9.500
1994	10.161	3,20	9.500
1995	12.829	4,04	9.500
1996	13.337	4,20	9.500
1997	15.972	5,03	9.500
1998	11.844	3,73	13.000
1999	9.558	3,01	13.000
2000	11.844	3,73	13.000
2001	13.051	4,11	13.000
2002	12.162	3,83	14.000
2003	11.685	3,68	14.000
2004	13.845	4,36	15.000
2005	15.591	4,91	17.000
2006	18.449	5,81	19.000
2007	23.053	7,26	22.000
2008	21.434	6,75	22.000
Total	317.539	100,00	308.000

Conforme descrito anteriormente, foi adotado o mesmo método utilizado pela CETESB em relação à distribuição da quilometragem média para cada ano-modelo, o qual foi obtido em um estudo realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo em 1992, essa distribuição encontra-se representada na tabela 40.

Tabela 40– Distribuição da Quilometragem Média Rodada Por Faixa Etária

IDADE (anos)	Km média (anual)
1	22.000
2	19.000
3	17.000
4	15.000
5	14.000
6	14.000
7	14.000
8	13.000
9	13.000
10	13.000
+11	9.500

Tabela 41– Frota de Veículos regularizada nos municípios de Sorocaba e Votorantim 2008

Frota regularizada nos municípios de Sorocaba e Votorantim					
Município	Total Diesel	Moto	Total especiais	Total Otto	Total de veículos
Sorocaba	14.108	55.316	3.298	205.535	278.257
Votorantim	1.934	9.414	481	27.453	39.282
Frota regional	16.042	64.730	3.779	232.988	317.539

Tabela 42– Composição da Frota de Veículos Ciclo Otto Álcool e Flex em 2008

Município	Álcool			Flex		Total Álcool	% da Frota Total
	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Automóvel	Camioneta		
Sorocaba	26.883	2.064	13	34.423	4.291	67.674	21,31
Votorantim	4.698	260	1	2.373	288	7.620	2,40
Frota Regional	31.581	2.324	14	36.796	4.579	75.294	23,71

Tabela 43– Composição da Frota de Veículos Ciclo Otto Gasolina em 2008

Município	Gasolina			Total Gasolina	% da Frota Total
	Automóvel	Camioneta	Caminhão		
Sorocaba	124.250	13.538	73	137.861	43,42
Votorantim	18.232	1.592	9	19.833	6,25
Frota Regional	142.482	15.130	82	157.694	49,66

Tabela 44– Composição da Frota de Veículos Diesel, Moto e outros em 2008

Município	Total Diesel	% da Frota Total	Moto	% da Frota Total	Total Reboque e semi-reboque	% da Frota Total
Sorocaba	14.108	4,44	55.316	17,42	3.298	1,04
Votorantim	1.934	0,61	9.414	2,96	481	0,15
Frota Regional	16.042	5,05	64.730	20,38	3.779	1,19

4.8. EXPERIMENTOS SEM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO

A análise dos resultados obtidos nos experimentos, sem a utilização de conversor catalítico, utilizando Gasolina Padrão e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com relação aos Limites L-4 do PROCONVE, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, com gasolina Padrão, foram constatados aumentos em torno de 184% para CO; 167% para HC; 680% para NO_x; 468% para NMHC e 23% para Aldeídos totais.

- Comparando-se os FE obtidos com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, foram constatados aumentos em torno de 150% para CO; 138% para HC; 330% para NO_x; 434% para NMHC e 405% para Aldeídos totais.

A análise dos dados obtidos nos experimentos, sem a utilização de conversor catalítico, utilizando Gasolina Padrão e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com relação aos Fatores Médios de emissão do Proconve para veículos ano 1992, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, com Gasolina Padrão, foi constatada uma redução de 18% para CO; aumento de 34% para HC; aumento de 225% para NO_x e um aumento de 185% para Aldeídos totais.

- Comparando-se os FE obtidos, com AEHC - Álcool Etflico Hidratado Combustível, foram constatados aumentos em torno de 39% para CO; 19% para HC; 115% para NO_x e 333% para Aldeídos totais.

A análise dos dados obtidos nos experimentos, sem a utilização de conversor catalítico, utilizando Biodiesel Metropolitano B2, com relação aos Limites L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) com massa referência para ensaio <1700Kg do PROCONVE, para veículos movidos à Óleo Diesel, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, foi constatado um aumento de 40% para NO_x e uma redução de 40% para Aldeídos totais.

A análise dos dados obtidos nos experimentos, sem a utilização de conversor catalítico, utilizando Biodiesel de Soja - B100, com relação aos Limites L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) com massa referência para ensaio <1700Kg do PROCONVE, para veículos movidos à Óleo Diesel, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, foi constatado um aumento de 98% para NO_x e uma redução de 6% para Aldeídos totais.

As comparações entre os resultados obtidos durante os experimentos e os Limites máximos da Fase L-4 do PROCONVE e os fatores médios de emissão do PROCONVE para veículos do Ciclo Otto ano 1992, são demonstrados por meio das tabelas 45, 46 e 47.

As comparações entre os resultados obtidos durante os experimentos e os Limites máximos das Fases L-3 e L-4 do PROCONVE para veículos do Ciclo Diesel, são demonstrados por meio da tabela 45 e 48.

4.9. EXPERIMENTOS COM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO

A análise dos dados obtidos nos experimentos, com a utilização de conversor catalítico, utilizando Gasolina Padrão e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com relação aos Limites L-4 do Proconve, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, com Gasolina Padrão, foram constatadas reduções em torno de 83% para CO; 77% para HC; 59% para NO_x; 64% para NMHC e 83% para Aldeídos totais.

- Comparando-se os FE obtidos, com AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, foram constatadas reduções em torno de 76% para CO; 65% para HC; 80% para NO_x; 50% para NMHC e 37% para Aldeídos totais.

A análise dos dados obtidos nos experimentos, com a utilização de conversor catalítico, utilizando Gasolina Padrão e AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível, com relação aos Fatores Médios de emissão do Proconve para veículos ano 1992, demonstrou que:

- Comparando-se os FE obtidos, com Gasolina Padrão, foram constatadas reduções em torno de 94% para CO; 89% para HC; 83% para NO_x e 60% para Aldeídos totais.

- Comparando-se os FE obtidos, com AEHC - Álcool Etflico Hidratado Combustível, foram constatadas reduções em torno de 87% para CO; 82% para HC; 90% para NO_x e 46% para Aldeídos totais.

Tabela 45– Fatores Médios de Emissão dos Veículos em estudo

Fonte de Emissão	Veículo e tipo de combustível	Condições	Fator de Emissão (g/Km)							
			CO	HC	NO _x	CO ₂	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos totais
Tubo de escapamento	Otto com Gasolina Padrão	Experimento s/ catalisador	5,6780	0,8010	1,9490	157,8340	0,9090	0,0220	0,0150	0,0370
		Experimento c/ catalisador	0,3440	0,0680	0,1025	200,9000	0,0575	0,0017	0,0036	0,0053
	Otto com Gasool - Gasolina Comum	fatores médios de emissão Proconve p/ ano 1992	6,2000	0,6000	0,6000	x	x	x	x	0,0130
		limites máx. Proconve Fase L-4 (01/01/2005)	2,0000	0,3000	0,2500	x	0,1600	x	x	0,0300
	Otto com Álcool E-100%	Experimento s/ catalisador	5,0110	0,7150	1,0760	141,6120	0,8550	0,0452	0,1126	0,1578
		Experimento c/ catalisador	0,4700	0,1050	0,0490	199,0500	0,0800	0,0030	0,0160	0,0190
		fatores médios de emissão Proconve p/ ano 1992	3,6000	0,6000	0,5000	x	x	x	x	0,0350
		limites máx. Proconve Fase L-4 (01/01/2005)	2,0000	0,3000	0,2500	x	0,1600	x	x	0,0300
	Diesel com Biodiesel-B2 metropolitano	Experimento s/ catalisador	x	x	0,8425	271,9000	x	0,0113	0,0067	0,0180
	Diesel com Diesel metropolitano	limites Proconve Fase L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) c/ massa referência p/ ensaio <1700Kg	2,0000	0,3000	0,6000	x	0,1600	x	x	0,0300
	Diesel com Biodiesel B100	Experimento s/ catalisador	x	x	1,1885	273,7500	x	0,0201	0,0080	0,0281
	Diesel com Diesel metropolitano	limites Proconve Fase L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) c/ massa referência p/ ensaio <1700Kg	2,0000	0,3000	0,6000	x	0,1600	x	x	0,0300
	Motocicletas e Similares com Gasool	fatores médios de emissão Promot p/ motocicletas ano 2003 <=150cc	6,2500	0,8200	0,1800	43,3000	x	x	x	x

Tabela 46-Comparações entre os Fatores de Emissão para ciclo Otto com Gasolina Padrão e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992

Fonte de Emissão	Veículo Ciclo Otto tipo flex	Condições	Fator de Emissão (g/Km)							
			CO	HC	NOx	CO2	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos totais
Sistema de escapamento	Gasolina Padrão	Experimento c/ catalisador	0,34	0,07	0,10	200,90	0,06	0,0017	0,0036	0,0052
		Experimento s/ catalisador	5,68	0,80	1,95	157,83	0,91	0,0220	0,0150	0,0370
	Gasool	limites máx. Proconve Fase L-4 (01/01/2005)	↑184%	↑167%	↑680%	x	↑468%	x	x	↑23%
			2,00	0,30	0,25	x	0,1600	x	x	0,0300
		fatores médios de emissão Proconve p/ ano 1992	↓18%	↑34%	↑225%	x	x	x	x	↑185%
			6,20	0,60	0,60	x	x	x	x	0,0130

Tabela 47-Comparações entre os Fatores de Emissão para ciclo Otto com AEHC – E100 e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992

Fonte de Emissão	Veículo Ciclo Otto tipo flex	Condições	Fator de Emissão (g/Km)							
			CO	HC	NOx	CO2	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos totais
Sistema de escapamento	Álcool E100%	Experimento c/ catalisador	0,47	0,11	0,05	199,05	0,08	0,003	0,016	0,019
		Experimento s/ catalisador	5,01	0,72	1,08	141,61	0,86	0,045	0,113	0,151
		Limites máx. Proconve Fase L-4 (01/01/2005)	↑150%	↑138%	↑330	x	↑434%	x	x	↑405
			2,00	0,30	0,25	x	0,16	x	x	0,030
		fatores médios de emissão Proconve p/ ano 1992	↑39%	↑19%	↑115%	x	x	x	x	↑333%
			3,60	0,60	0,50	x	x	x	x	0,035

Tabela 48-Comparações entre os Fatores de Emissão para veículos diesel utilizando Biodiesel B2 e Biodiesel B100 e os Limites máx. PROCONVE L4 e os fatores médios do PROCONVE para veículos ano 1992

Fonte de Emissão	Veículo modelo Van	Condições	Fator de Emissão (g/Km)							
			CO	HC	NOx	CO ₂	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos totais
Sistema de escapamento	Diesel - B2	Experimento s/ catalisador	x	x	0,84	271,90	x	0,0113	0,0067	0,018
	Diesel	limites Proconve Fase L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) c/ massa referência p/ ensaio <1700Kg			↑40%					↓40%
			2,00	0,30	0,60	x	0,16	x	x	0,03
	Biodiesel-B100	Experimento s/ catalisador	x	x	1,19	278,75	x	0,0201	0,008	0,0281
	Diesel	limites Proconve Fase L-4 (01/01/2005) e L-3 (31/12/2006) c/ massa referência p/ ensaio <1700Kg			↑98%					↓6%
2,00			0,30	0,60	x	0,16	x	x	0,030	

Tabela 50– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e s/ catalisador em (t/ano)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO OTTO COM AEHC E SEM CATALISADOR EM (t/ano)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano modelo	Número de veículos	% de veículos	Média anual-Km	CO (t/ano)	HC (t/ano)	NO _x (t/ano)	CO ₂ (t/ano)	NMHC (t/ano)	Formaldeído (t/ano)	Acetaldeído (t/ano)	Aldeído (t/ano)
Pré-1998	39.567	52,55	9.500	1.883,57	268,76	404,45	53.230,04	321,38	16,99	42,32	59,31
1999	2.266	3,01	13.000	147,64	21,07	31,70	4.172,25	25,19	1,33	3,32	4,65
2000	2.808	3,73	13.000	182,95	26,10	39,28	5.170,26	31,22	1,65	4,11	5,76
2001	3.095	4,11	13.000	201,59	28,76	43,29	5.696,99	34,40	1,82	4,53	6,35
2002	2.884	3,83	14.000	202,31	28,87	43,44	5.717,25	34,52	1,82	4,55	6,37
2003	2.771	3,68	14.000	194,38	27,74	41,74	5.493,34	33,17	1,75	4,37	6,12
2004	3.283	4,36	14.000	230,30	32,86	49,45	6.508,41	39,30	2,08	5,18	7,25
2005	3.697	4,91	15.000	277,88	39,65	59,67	7.852,96	47,41	2,51	6,24	8,75
2006	4.375	5,81	17.000	372,66	53,17	80,02	10.531,38	63,58	3,36	8,37	11,74
2007	5.466	7,26	19.000	520,45	74,26	111,75	14.707,90	88,80	4,69	11,69	16,39
2008	5.082	6,75	22.000	560,29	79,95	120,31	15.833,86	95,60	5,05	12,59	17,64
Total	75.294	100,00	163.500	4.774,01	681,18	1.025,11	134.914,64	814,56	43,06	107,27	150,34

Tabela 52– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo flex/álcool, utilizando AEHC e c/ catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO OTTO COM AEHC E COM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano modelo	Número de veículos	% de veículos	Média anual-Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeídos (g/Km)
Pré-1998	39.567	52,55	9.500	176.666.641,61	39.468.079,51	18.418.437,10	74.820.202.152,08	30.070.917,72	1.127.659,41	6.014.183,54	7.141.842,96
1999	2.266	3,01	13.000	13.847.394,83	3.093.566,93	1.443.664,57	5.864.519.024,91	2.357.003,38	88.387,63	471.400,68	559.788,30
2000	2.808	3,73	13.000	17.159.728,48	3.833.556,36	1.788.992,97	7.267.327.562,43	2.920.804,85	109.530,18	584.160,97	693.691,15
2001	3.095	4,11	13.000	18.907.904,57	4.224.106,34	1.971.249,63	8.007.698.735,01	3.218.366,74	120.688,75	643.673,35	764.362,10
2002	2.884	3,83	14.000	18.975.142,12	4.239.127,49	1.978.259,50	8.036.174.549,34	3.229.811,42	121.117,93	645.962,28	767.080,21
2003	2.771	3,68	14.000	18.231.990,34	4.073.104,22	1.900.781,97	7.721.441.864,64	3.103.317,50	116.374,41	620.663,50	737.037,91
2004	3.283	4,36	14.000	21.600.945,07	4.825.743,05	2.252.013,42	9.148.230.035,28	3.676.756,61	137.878,37	735.351,32	873.229,69
2005	3.697	4,91	15.000	26.063.394,57	5.822.673,26	2.717.247,52	11.038.124.870,55	4.436.322,48	166.362,09	887.264,50	1.053.626,59
2006	4.375	5,81	17.000	34.952.905,39	7.808.627,80	3.644.026,31	14.802.927.270,39	5.949.430,70	223.103,65	1.189.886,14	1.412.989,79
2007	5.466	7,26	19.000	48.814.455,49	10.905.357,08	5.089.166,64	20.673.441.203,58	8.308.843,49	311.581,63	1.661.768,70	1.973.350,33
2008	5.082	6,75	22.000	52.551.447,30	11.740.216,95	5.478.767,91	22.256.096.989,50	8.944.927,20	335.434,77	1.788.985,44	2.124.420,21
Total	75.294	100,00	163.500	447.771.949,77	100.034.158,99	46.682.607,53	189.636.184.257,71	76.216.502,09	2.858.118,83	15.243.300,42	18.101.419,25

Tabela 55– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão s/ catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO OTTO COM GASOLINA PADRÃO E SEM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número veículos	%	Média anual-Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeído (g/Km)
Pré-1998	82.868	52,55	9.500	4.469.993.414,38	630.585.545,07	1.534.346.101,55	124.254.480.550,33	715.608.315,19	17.319.453,17	11.808.718,07	29.128.171,25
1999	4.747	3,01	13.000	350.364.749,97	49.426.235,42	120.264.335,63	9.739.251.487,67	56.090.446,94	1.357.524,57	925.584,93	2.283.109,50
2000	5.882	3,73	13.000	434.172.929,37	61.249.122,30	149.031.884,35	12.068.906.328,58	69.507.430,93	1.682.248,05	1.146.987,31	2.829.235,36
2001	6.481	4,11	13.000	478.405.024,05	67.488.979,26	164.214.757,29	13.298.446.383,50	76.588.616,92	1.853.629,89	1.263.838,56	3.117.468,46
2002	6.040	3,83	14.000	480.106.258,46	67.728.973,76	164.798.713,94	13.345.736.385,62	76.860.970,23	1.860.221,50	1.268.332,84	3.128.554,34
2003	5.803	3,68	14.000	461.303.141,29	65.076.402,99	158.344.456,21	12.823.057.414,90	73.850.749,46	1.787.366,87	1.218.659,23	3.006.026,11
2004	6.875	4,36	14.000	546.543.939,13	77.101.390,50	187.603.757,90	15.192.535.415,48	87.497.083,60	2.117.641,19	1.443.846,26	3.561.487,45
2005	7.743	4,91	15.000	659.452.180,82	93.029.446,43	226.360.038,82	18.331.098.187,25	105.572.742,58	2.555.115,88	1.742.124,47	4.297.240,35
2006	9.162	5,81	17.000	884.373.277,66	124.759.245,40	303.565.255,05	24.583.334.256,01	141.580.716,69	3.426.596,00	2.336.315,46	5.762.911,46
2007	11.449	7,26	19.000	1.235.096.182,24	174.236.005,98	423.952.528,92	34.332.541.533,60	197.728.501,17	4.785.508,28	3.262.846,55	8.048.354,83
2008	10.644	6,75	22.000	1.329.649.000,02	187.574.647,59	456.408.224,91	36.960.870.072,06	212.865.611,31	5.151.862,98	3.512.633,85	8.664.496,83
Total	157.694	100,00	163.500	11.329.460.097,38	1.598.255.994,72	3.888.890.054,56	314.930.258.015,01	1.813.751.185,01	43.897.168,39	29.929.887,54	73.827.055,94

Tabela 58– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Otto, tipo Gasolina, utilizando Gasolina Padrão c/ catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO OTTO COM GASOLINA PADRÃO E COM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número	%	Média anual-Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeídos (g/Km)
Pré-1998	82.868	52,55	9.500	270.813.267,80	53.532.855,26	81.086.530,76	158.158.097.384,35	45.266.752,61	1.338.321,38	2.834.092,34	4.172.413,72
1999	4.747	3,01	13.000	21.226.747,80	4.195.985,03	6.355.683,21	12.396.667.535,98	3.548.075,58	104.899,63	222.140,38	327.040,01
2000	5.882	3,73	13.000	26.304.242,29	5.199.675,80	7.875.979,52	15.361.983.358,54	4.396.784,68	129.991,90	275.276,95	405.268,85
2001	6.481	4,11	13.000	28.984.031,04	5.729.401,49	8.678.358,13	16.927.011.153,78	4.844.714,49	143.235,04	303.321,26	446.556,29
2002	6.040	3,83	14.000	29.087.099,84	5.749.775,55	8.709.218,85	16.987.204.530,52	4.861.942,56	143.744,39	304.399,88	448.144,27
2003	5.803	3,68	14.000	27.947.918,39	5.524.588,52	8.368.126,73	16.321.909.313,92	4.671.527,06	138.114,71	292.478,22	430.592,93
2004	6.875	4,36	14.000	33.112.207,65	6.545.436,40	9.914.411,01	19.337.914.295,84	5.534.744,01	163.635,91	346.523,10	510.159,01
2005	7.743	4,91	15.000	39.952.721,06	7.897.630,91	11.962.587,99	23.332.853.667,90	6.678.143,78	197.440,77	418.109,87	615.550,64
2006	9.162	5,81	17.000	53.579.501,15	10.591.296,74	16.042.699,47	31.291.051.687,42	8.955.875,92	264.782,42	560.715,71	825.498,13
2007	11.449	7,26	19.000	74.827.947,64	14.791.571,04	22.404.879,67	43.700.391.513,24	12.507.578,46	369.789,28	783.083,17	1.152.872,45
2008	10.644	6,75	22.000	80.556.402,96	15.923.940,12	24.120.085,77	47.045.876.031,00	13.465.096,43	398.098,50	843.032,12	1.241.130,63
Total	157.694	100,00	163.500	686.392.087,62	135.682.156,85	205.518.561,12	400.860.960.472,49	114.731.235,58	3.392.053,92	7.183.173,01	10.575.226,93

Tabela 61– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B2 e sem catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO DIESEL COM BIODIESEL B2 E SEM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número	%	Média anual-Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeídos (g/Km)
Pré-1998	8.430	52,55	9.500	160.171.349,00	24.025.702,35	67.271.966,58	21.775.294.896,55	12.813.707,92	904.968,12	536.574,02	1.441.542,14
1999	483	3,01	13.000	12.554.469,20	1.883.170,38	5.272.877,06	1.706.780.087,74	1.004.357,54	70.932,75	42.057,47	112.990,22
2000	598	3,73	13.000	15.557.531,60	2.333.629,74	6.534.163,27	2.115.046.421,02	1.244.602,53	87.900,05	52.117,73	140.017,78
2001	659	4,11	13.000	17.142.481,20	2.571.372,18	7.199.842,10	2.330.520.319,14	1.371.398,50	96.855,02	57.427,31	154.282,33
2002	614	3,83	14.000	17.203.440,80	2.580.516,12	7.225.445,14	2.338.807.776,76	1.376.275,26	97.199,44	57.631,53	154.830,97
2003	590	3,68	14.000	16.529.676,80	2.479.451,52	6.942.464,26	2.247.209.560,96	1.322.374,14	93.392,67	55.374,42	148.767,09
2004	699	4,36	14.000	19.584.073,60	2.937.611,04	8.225.310,91	2.662.454.805,92	1.566.725,89	110.650,02	65.606,65	176.256,66
2005	788	4,91	15.000	23.629.866,00	3.544.479,90	9.924.543,72	3.212.480.282,70	1.890.389,28	133.508,74	79.160,05	212.668,79
2006	932	5,81	17.000	31.689.366,80	4.753.405,02	13.309.534,06	4.308.169.416,46	2.535.149,34	179.044,92	106.159,38	285.204,30
2007	1.165	7,26	19.000	44.256.669,60	6.638.500,44	18.587.801,23	6.016.694.232,12	3.540.533,57	250.050,18	148.259,84	398.310,03
2008	1.083	6,75	22.000	47.644.740,00	7.146.711,00	20.010.790,80	6.477.302.403,00	3.811.579,20	269.192,78	159.609,88	428.802,66
Total	16.042	100,00	163.500	405.963.664,60	60.894.549,69	170.504.739,13	55.190.760.202,37	32.477.093,17	2.293.694,70	1.359.978,28	3.653.672,98
			Limites proconve *	2,00 *	0,30 *			0,16 *			

*Ciclo FTP limites Proconve jan 2006 veic <1700Kg

Tabela 62– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B2 e sem catalisador em (t/ano)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO DIESEL COM BIODIESEL B2 E SEM CATALISADOR EM (t/ano)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número	%	Média anual de Km	CO (t/ano)	HC (t/ano)	NO _x (t/ano)	CO ₂ (t/ano)	NMHC (t/ano)	Formaldeído (t/ano)	Acetaldeído (t/ano)	Aldeído (t/ano)
Pré-1998	8.430	52,55	9.500	160,17	24,03	67,27	21.775,29	12,81	0,90	0,54	1,44
1999	483	3,01	13.000	12,55	1,88	5,27	1.706,78	1,00	0,07	0,04	0,11
2000	598	3,73	13.000	15,56	2,33	6,53	2.115,05	1,24	0,09	0,05	0,14
2001	659	4,11	13.000	17,14	2,57	7,20	2.330,52	1,37	0,10	0,06	0,15
2002	614	3,83	14.000	17,20	2,58	7,23	2.338,81	1,38	0,10	0,06	0,15
2003	590	3,68	14.000	16,53	2,48	6,94	2.247,21	1,32	0,09	0,06	0,15
2004	699	4,36	14.000	19,58	2,94	8,23	2.662,45	1,57	0,11	0,07	0,18
2005	788	4,91	15.000	23,63	3,54	9,92	3.212,48	1,89	0,13	0,08	0,21
2006	932	5,81	17.000	31,69	4,75	13,31	4.308,17	2,54	0,18	0,11	0,29
2007	1.165	7,26	19.000	44,26	6,64	18,59	6.016,69	3,54	0,25	0,15	0,40
2008	1.083	6,75	22.000	47,64	7,15	20,01	6.477,30	3,81	0,27	0,16	0,43
Total	16.042	100,00	163.500	405,96	60,89	170,50	55.190,76	32,48	2,29	1,36	3,65
			Limites proconve *	2,00*	0,30 *			0,16 *			

*Ciclo FTP limites Proconve jan 2006 veic <1700Kg

Tabela 63– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B100 e sem catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO DIESEL COM BIODIESEL B100 E SEM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número	%	Média anual de Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeídos (g/Km)
Pré-1998	8.430	52,55	9.500	160.171.349,00	24.025.702,35	95.301.952,66	21.923.453.394,38	12.813.707,92	1.609.722,06	640.685,40	2.250.407,45
1999	483	3,01	13.000	12.554.469,20	1.883.170,38	7.469.909,17	1.718.392.971,75	1.004.357,54	126.172,42	50.217,88	176.390,29
2000	598	3,73	13.000	15.557.531,60	2.333.629,74	9.256.731,30	2.129.437.137,75	1.244.602,53	156.353,19	62.230,13	218.583,32
2001	659	4,11	13.000	17.142.481,20	2.571.372,18	10.199.776,31	2.346.377.114,25	1.371.398,50	172.281,94	68.569,92	240.851,86
2002	614	3,83	14.000	17.203.440,80	2.580.516,12	10.236.047,28	2.354.720.959,50	1.376.275,26	172.894,58	68.813,76	241.708,34
2003	590	3,68	14.000	16.529.676,80	2.479.451,52	9.835.157,70	2.262.499.512,00	1.322.374,14	166.123,25	66.118,71	232.241,96
2004	699	4,36	14.000	19.584.073,60	2.937.611,04	11.652.523,79	2.680.570.074,00	1.566.725,89	196.819,94	78.336,29	275.156,23
2005	788	4,91	15.000	23.629.866,00	3.544.479,90	14.059.770,27	3.234.337.908,75	1.890.389,28	237.480,15	94.519,46	331.999,62
2006	932	5,81	17.000	31.689.366,80	4.753.405,02	18.855.173,25	4.337.482.080,75	2.535.149,34	318.478,14	126.757,47	445.235,60
2007	1.165	7,26	19.000	44.256.669,60	6.638.500,44	26.332.718,41	6.057.631.651,50	3.540.533,57	444.779,53	177.026,68	621.806,21
2008	1.083	6,75	22.000	47.644.740,00	7.146.711,00	28.348.620,30	6.521.373.787,50	3.811.579,20	478.829,64	190.578,96	669.408,60
Total	16.042	100,00	163.500	405.963.664,60	60.894.549,69	241.548.380,44	55.566.276.592,13	32.477.093,17	4.079.934,83	1.623.854,66	5.703.789,49
		Limites proconve *		2,00*	0,30 *			0,16 *			

*ciclo FTP limites Proconve jan 2006 veic <1700Kg

Tabela 64– Fatores de emissão para a frota real de veículos ciclo Diesel, utilizando Biodiesel B100 e sem catalisador em (t/ano)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE VEÍCULOS CICLO DIESEL COM BIODIESEL B100 E SEM CATALISADOR EM (t/ano)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano	Número	%	Média anual de Km	CO (t/ano)	HC (t/ano)	NO _x (t/ano)	CO ₂ (t/ano)	NMHC (t/ano)	Formaldeído (t/ano)	Acetaldeído (t/ano)	Aldeído (t/ano)
Pré-1998	8.430	52,55	9.500	160,17	24,03	95,30	21.923,45	12,81	1,61	0,64	2,25
1999	483	3,01	13.000	12,55	1,88	7,47	1.718,39	1,00	0,13	0,05	0,18
2000	598	3,73	13.000	15,56	2,33	9,26	2.129,44	1,24	0,16	0,06	0,22
2001	659	4,11	13.000	17,14	2,57	10,20	2.346,38	1,37	0,17	0,07	0,24
2002	614	3,83	14.000	17,20	2,58	10,24	2.354,72	1,38	0,17	0,07	0,24
2003	590	3,68	14.000	16,53	2,48	9,84	2.262,50	1,32	0,17	0,07	0,23
2004	699	4,36	14.000	19,58	2,94	11,65	2.680,57	1,57	0,20	0,08	0,28
2005	788	4,91	15.000	23,63	3,54	14,06	3.234,34	1,89	0,24	0,09	0,33
2006	932	5,81	17.000	31,69	4,75	18,86	4.337,48	2,54	0,32	0,13	0,45
2007	1.165	7,26	19.000	44,26	6,64	26,33	6.057,63	3,54	0,44	0,18	0,62
2008	1.083	6,75	22.000	47,64	7,15	28,35	6.521,37	3,81	0,48	0,19	0,67
Total	16.042	100,00	163.500	405,96	60,89	241,55	55.566,28	32,48	4,08	1,62	5,70
			Limites proconve *	2,00*	0,30 *			0,16 *			

*Ciclo FTP limites Proconve jan 2006 veic <1700Kg

Tabela 65– Fatores de emissão para a frota real de veículos tipo Motocicletas, utilizando Gasool e sem catalisador em (g/Km)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE MOTOCICLETAS COM GASOLINA E SEM CATALISADOR EM (g/Km)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano modelo	Número de veículos	% de veículos	Média anual de Km	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	CO ₂ (g/Km)	NMHC (g/Km)	Formaldeído (g/Km)	Acetaldeído (g/Km)	Aldeídos (g/Km)
Pré-1998	34.016	52,55	9.500	2.019.677.140,63	264.981.640,85	58.166.701,65	13.992.323.230,25	x	x	x	x
1999	1.948	3,01	13.000	158.305.306,25	20.769.656,18	4.559.192,82	1.096.739.161,70	x	x	x	x
2000	2.414	3,73	13.000	196.172.356,25	25.737.813,14	5.649.763,86	1.359.082.084,10	x	x	x	x
2001	2.660	4,11	13.000	216.157.743,75	28.359.895,98	6.225.343,02	1.497.540.848,70	x	x	x	x
2002	2.479	3,83	14.000	216.926.412,50	28.460.745,32	6.247.480,68	1.502.866.185,80	x	x	x	x
2003	2.382	3,68	14.000	208.430.600,00	27.346.094,72	6.002.801,28	1.444.007.196,80	x	x	x	x
2004	2.822	4,36	14.000	246.944.950,00	32.399.177,44	7.112.014,56	1.710.834.613,60	x	x	x	x
2005	3.178	4,91	15.000	297.960.281,25	39.092.388,90	8.581.256,10	2.064.268.828,50	x	x	x	x
2006	3.761	5,81	17.000	399.586.381,25	52.425.733,22	11.508.087,78	2.768.334.449,30	x	x	x	x
2007	4.699	7,26	19.000	558.053.512,50	73.216.620,84	16.071.941,16	3.866.194.734,60	x	x	x	x
2008	4.369	6,75	22.000	600.775.312,50	78.821.721,00	17.302.329,00	4.162.171.365,00	x	x	x	x
Total	64.730	100,00	163.500	5.118.989.996,88	671.611.487,59	147.426.911,91	35.464.362.698,35	x	x	x	x
		Limites promot *		6,25 *	0,82 *	0,18 *	43,30 *				

*Limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc

Tabela 66– Fatores de emissão para a frota real de veículos tipo Motocicletas, utilizando Gasool e sem catalisador em (t/ano)

FATORES DE EMISSÃO PARA A FROTA REAL DE MOTOCICLETAS COM GASOLINA E SEM CATALISADOR EM (t/ano)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ano modelo	Número de veículos	% de veículos	Média anual de Km	CO (t/ano)	HC (t/ano)	NO _x (t/ano)	CO ₂ (t/ano)	NMHC (t/ano)	Formaldeído (t/ano)	Acetaldeído (t/ano)	Aldeído (t/ano)
Pré-1998	34.016	52,55	9.500	2.019,68	264,98	58,17	13.992,32	x	x	x	x
1999	1.948	3,01	13.000	158,31	20,77	4,56	1.096,74	x	x	x	x
2000	2.414	3,73	13.000	196,17	25,74	5,65	1.359,08	x	x	x	x
2001	2.660	4,11	13.000	216,16	28,36	6,23	1.497,54	x	x	x	x
2002	2.479	3,83	14.000	216,93	28,46	6,25	1.502,87	x	x	x	x
2003	2.382	3,68	14.000	208,43	27,35	6,00	1.444,01	x	x	x	x
2004	2.822	4,36	14.000	246,94	32,40	7,11	1.710,83	x	x	x	x
2005	3.178	4,91	15.000	297,96	39,09	8,58	2.064,27	x	x	x	x
2006	3.761	5,81	17.000	399,59	52,43	11,51	2.768,33	x	x	x	x
2007	4.699	7,26	19.000	558,05	73,22	16,07	3.866,19	x	x	x	x
2008	4.369	6,75	22.000	600,78	78,82	17,30	4.162,17	x	x	x	x
Total	64.730	100,00	163.500	5.118,99	671,61	147,43	35.464,36	x	x	x	x
		Limites promot *		6,25 *	0,82 *	0,18 *	43,30 *				

*Limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc

Tabela 67- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com Gasolina Padrão, com catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota total em t/ano, frota Otto com catalisador							
				CO	HC	NOx	CO2	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais
Tubo de Escapamento	232.988	73,37	Gasolina Padrão Frota Otto Total	1.014,123	200,466	303,647	592.259,651	169,512	5,012	10,613	15,625
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964	60,895	170,505	55.190,760	32,477	2,294	1,360	3,654
				1	1			1			
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964	60,895	241,548	55.566,277	32,477	4,080	1,624	5,704
				1	1			1			
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990	671,611	147,427	35.464,363				
				2	2	2	2				
	313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel	6.539,077	932,972	692,623	683.290,291	201,989	9,092	12,237	21,328
	317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel	6.539,077	932,972	621,579	682.914,774	201,989	7,305	11,973	19,278

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Tabela 68- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com AEHC – E100, com catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota total em t/ano, frota Otto com catalisador							
				CO	HC	NOx	CO ₂	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais
Tubo de Escapamento	232.988	73,37	AEHC E-100 Frota Otto Total	1.385,575	309,543	144,454	586.805,792	235,843	8,844	47,169	56,013
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964 1	60,895 1	170,505	55.190,760	32,477 1	2,294	1,360	3,654
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964 1	60,895 1	241,548	55.566,277	32,477 1	4,080	1,624	5,704
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990 2	671,611 2	147,427 2	35.464,363 2				
	313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel	6.910,529	1.042,049	533,429	677.836,431	268,320	12,924	48,792	61,716
	317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel	6.910,529	1.042,049	462,385	677.460,915	268,320	11,138	48,528	59,666

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Tabela 69- Estimativa da Emissão total de Veículos com catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota em t/ano, com catalisador							
				CO	HC	NOx	CO2	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais
Tubo de Escapeamento	157.694	49,66	Otto Gasolina Padrão	686,392	135,682	205,519	400.860,960	114,731	3,392	7,183	10,575
	75.294	23,71	Otto Álcool	447,772	100,034	46,683	189.636,184	76,217	2,858	15,243	18,101
	232.988	73,37	Frota Otto	1.134,164	235,716	252,201	590.497,145	190,948	6,250	22,426	28,677
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964	60,895	170,505	55.190,760	32,477	2,294	1,360	3,654
				1	1			1			
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964	60,895	241,548	55.566,277	32,477	4,080	1,624	5,704
				1	1			1			
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990	671,611	147,427	35.464,363				
			2	2	2	2					
313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel	6.659,118	968,222	641,176	681.527,784	223,425	10,330	24,050	34,380	
317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel	6.659,118	968,222	570,133	681.152,268	223,425	8,544	23,786	32,330	

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Tabela 70- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com Gasolina Padrão sem catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota total em t/ano, sem catalisador							
				CO	HC	NOx	CO ₂	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais
Tubo de Escapamento	232.988	73,37	Gasolina Padrão Frota Otto Total	16.738,926	2.361,374	5.745,715	465.299,700	2.679,761	64,857	44,220	109,077
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964	60,895	170,505	55.190,760	32,477	2,294	1,360	3,654
				1	1			1			
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964	60,895	241,548	55.566,277	32,477	4,080	1,624	5,704
				1	1			1			
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990	671,611	147,427	35.464,363				
				2	2	2	2				
	313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel	22.263,880	3.093,880	6.134,690	556.330,340	2.712,238	68,937	45,844	114,781
	317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel	22.263,880	3.093,880	6.063,646	555.954,823	2.712,238	67,150	45,580	112,731

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Tabela 71- Simulação da Emissão de Veículos, para toda frota Otto com AEHC – E100, sem catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota total em t/ano, sem catalisador							
				CO	HC	NOx	CO ₂	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais
Tubo de Escapeamento	232.988	73,37	AEHC E-100 Frota Otto Total	14.772,589	2.107,843	3.172,083	417.476,723	2.520,567	133,251	331,948	465,199
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964 1	60,895 1	170,505	55.190,760	32,477 1	2,294	1,360	3,654
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964 1	60,895 1	241,548	55.566,277	32,477 1	4,080	1,624	5,704
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990 2	671,611 2	147,427 2	35.464,363 2				
	313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel	20.297,543	2.840,349	3.561,058	508.507,363	2.553,045	137,331	333,572	470,903
	317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel	20.297,543	2.840,349	3.490,014	508.131,846	2.553,045	135,545	333,308	468,853

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Tabela 72– Estimativa da Emissão total de Veículos sem catalisador na Região em estudo

Fonte de Emissão	Frota	% frota	Tipo de Veículo	Emissão da frota total em t/ano, sem catalisador								
				CO	HC	NOx	CO2	NMHC	Formaldeído	Acetaldeído	Aldeídos Totais	
Tubo de Escapamento	157.694	49,66	Otto Gasolina Padrão	11.329,460	1.598,256	3.888,890	314.930,258	1.813,751	43,897	29,930	73,827	
	75.294	23,71	Otto Álcool	4.774,011	681,185	1.025,112	134.914,641	814,564	43,062	107,275	150,337	
	232.988	73,37	Frota Otto	16.103,471	2.279,441	4.914,002	449.844,899	2.628,315	86,959	137,205	224,164	
	16.042	5,05	Diesel B2 (1)	405,964	60,895	170,505	55.190,760	32,477	2,294	1,360	3,654	
				1	1			1				
	16.042	5,05	Diesel B100 (1)	405,964	60,895	241,548	55.566,277	32,477	4,080	1,624	5,704	
				1	1			1				
	64.730	20,38	Motocicletas e Similares Gassol (2)	5.118,990	671,611	147,427	35.464,363					
				2	2	2	2					
	313.760	98,81	Emissão da Frota Total utilizando B100 na frota diesel		21.628,425	3.011,947	5.302,977	540.875,538	2.660,792	91,039	138,828	229,868
	317.539	100,00	Emissão da Frota Total utilizando B2 na frota diesel		21.628,425	3.011,947	5.231,934	540.500,022	2.660,792	89,253	138,565	227,818

(1) limite proconve veículos diesel com capacidade de carga <1700Kg, utilizando Diesel metropolitano comum.

(2) limite promot p/ motocicletas ano médio 2003 menores que 150cc, utilizando gasool.

Conclusões e Sugestões

5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho, embora limitado, buscou identificar, por meio dos resultados obtidos e das simulações realizadas, a quantificação e as variações das emissões de poluentes, dando ênfase à ausência de conversores catalíticos, utilizando combustíveis como: Gasolina Padrão, AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, Biodiesel Metropolitano B2 e Biodiesel de Soja B100, restringindo-se apenas como base de referência das condições reais da frota em estudo.

As simulações efetuadas, buscaram sempre, identificar a situação dos veículos em condições muito próximas da realidade de manutenção e circulação da frota legalmente registrada, apesar das restrições impostas pela utilização de apenas dois tipos de veículos durante os experimentos, sendo um FOX 1.6 – FLEX 2005 tipo ciclo Otto e outro do tipo ciclo Diesel, modelo VAN – JUMPER 2005/2006 Diesel.

A análise dos resultados obtidos nos experimentos, são apresentados nas Tabelas 45,

46, 47 e 48 e 67, 68, 69, 70, 71 e 72, demonstrando que a falta de manutenção e/ou reposição de catalisadores, tornam as emissões de um veículo ano 2005 semelhantes às emissões de um veículo ano 1992 e 1995, desprovido de sistemas eletrônicos como centralina, injeção eletrônica, sonda lambda e catalisador.

A tabela 67, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de Gasolina Padrão, como único combustível para toda a frota ciclo Otto, com a utilização de conversores catalíticos.

A tabela 68, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de AEHC – E100, como único combustível para toda a frota ciclo Otto, com a utilização de conversores catalíticos.

A tabela 69, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de Gasolina Padrão e AEHC – E100, como combustíveis da frota ciclo Otto, Biodiesel Metropolitano B2 e/ou Biodiesel de Soja B100, com a utilização de conversores catalíticos.

A tabela 70, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de Gasolina Padrão, como único combustível para toda a frota ciclo Otto, sem a utilização de conversores catalíticos.

A tabela 71, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de AEHC – E100, como único combustível para toda a frota ciclo Otto, sem a utilização de conversores catalíticos.

A tabela 72, demonstra a emissão total da frota de veículos em estudo, simulando a hipótese de consumo de Gasolina Padrão e AEHC – E100, como combustíveis da frota ciclo Otto, Biodiesel Metropolitano B2 e/ou Biodiesel de Soja B100, sem a utilização de

conversores catalíticos.

5.2. SIMULAÇÕES DAS EMISSÕES DA FROTA REAL DE MODELOS CICLO OTTO, SEM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO

A partir da simulação das emissões da frota real de modelos ciclo Otto em estudo sem conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível e 157.694 movidos à Gasolina Padrão, foi constatado que, as emissões totais seriam de 16.103,471 t/ano de CO; 2.279,441 t/ano de HC; 4.914,002 t/ano de NO_x; 449.844,899 t/ano de CO₂; 2.628,315 t/ano de NMHC; 86,959 t/ano de Formaldeídos; 137,205 t/ano de Acetaldeídos e 224,164 t/ano de Aldeídos totais.

Ao simularmos as emissões da frota total de modelos ciclo Otto em estudo sem conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, como sendo todos movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, foi constatado que, as emissões totais seriam de 14.772,589 t/ano de CO; 2.107,843 t/ano de HC; 3.172,083 t/ano de NO_x; 417.476,723 t/ano de CO₂; 2.520,567 t/ano de NMHC; 133,251 t/ano de Formaldeídos; 331,948 t/ano de Acetaldeídos e 465,199 t/ano de Aldeídos totais.

Ao simularmos as emissões da frota total de modelos ciclo Otto em estudo sem conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, como sendo todos movidos à Gasolina Padrão, foi constatado que, as emissões totais seriam de 16.738,926 t/ano de CO; 2.361,374 t/ano de HC; 5.745,715 t/ano de NO_x; 465.299,700 t/ano de CO₂; 2.679,761 t/ano de NMHC; 64,857 t/ano de Formaldeídos; 44,220 t/ano de Acetaldeídos e 109,077 t/ano de Aldeídos totais.

5.3. SIMULAÇÕES DAS EMISSÕES DA FROTA REAL DE MODELOS CICLO OTTO, COM A UTILIZAÇÃO DE CONVERSOR CATALÍTICO

Ao simularmos as emissões da frota real de modelos ciclo Otto em estudo com conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível e 157.694 movidos à Gasolina Padrão, foi constatado que, as emissões totais seriam de 1.134,164 t/ano de CO; 235,716 t/ano de HC; 252,201 t/ano de NO_x; 590.497,145 t/ano de CO₂; 190,948 t/ano de NMHC; 6,250 t/ano de Formaldeídos; 22,426 t/ano de Acetaldeídos e 28,677 t/ano de Aldeídos totais.

Ao simularmos as emissões da frota total de modelos ciclo Otto em estudo com conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, como sendo todos movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, foi constatado que, as emissões totais seriam de 1.385,575 t/ano de CO; 309,543 t/ano de HC; 144,454 t/ano de NO_x; 586.805,792 t/ano de CO₂; 235,843 t/ano de NMHC; 8,844 t/ano de Formaldeídos; 47,169 t/ano de Acetaldeídos e 56,013 t/ano de Aldeídos totais.

Ao simularmos as emissões da frota total de modelos ciclo Otto em estudo com conversor catalítico, ou seja, para 232.988 veículos, como sendo todos movidos à Gasolina Padrão, foi constatado que, as emissões totais seriam de 1.014,123 t/ano de CO; 200,466 t/ano de HC; 303,647 t/ano de NO_x; 592.259,651 t/ano de CO₂; 169,512 t/ano de NMHC; 5,012 t/ano de Formaldeídos; 10,613 t/ano de Acetaldeídos e 15,625 t/ano de Aldeídos totais.

5.4. EMISSÕES TOTAIS DA FROTA RELATIVA AOS MUNICÍPIOS DE SOROCABA E VOTORANTIM

Ao simularmos as emissões da frota real de modelos ciclo Otto e Diesel em estudo sem a utilização de conversores catalíticos, ou seja, para 317.539 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, 157.694 movidos à Gasolina Padrão, 16.042 movidos à Biodiesel Metropolitano - B2, 64.730 tipo Motocicletas movidas à Gasolina, excluindo-se os 3.779 veículos Diversos entre Reboques e Semi-Reboques, os quais não são motorizados, foi constatado que, as emissões totais seriam de: 21.628,525 t/ano de CO; 3.011,947 t/ano de HC; 5.231,934 t/ano de NO_x; 540.500,022 t/ano de CO₂; 2.660,792 t/ano de NMHC; 89,253 t/ano de Formaldeídos; 138,565 t/ano de Acetaldeídos e 227,818 t/ano de Aldeídos totais.

Ao simularmos as emissões da frota real de modelos ciclo Otto e Diesel em estudo sem a utilização de conversores catalíticos, ou seja, para 317.539 veículos, sendo 75.294 movidos à AEHC - Álcool Etílico Hidratado Combustível, 157.694 movidos à Gasolina Padrão, 16.042 movidos à Biodiesel de Soja - B100, 64.730 tipo Motocicletas movidas à Gasolina, excluindo-se os 3.779 veículos Diversos entre Reboques e Semi-Reboques, os quais não são motorizados, foi constatado que, as emissões totais seriam de: 21.628,425 t/ano de CO; 3.011,947 t/ano de HC; 5.302,977 t/ano de NO_x; 540.875,538 t/ano de CO₂; 2.660,792 t/ano de NMHC; 91,039 t/ano de Formaldeídos; 138,828 t/ano de Acetaldeídos e 229,868 t/ano de Aldeídos totais.

5.5. ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL E SUGESTÕES

Apesar das melhorias proporcionadas pelo PROCONVE, os resultados obtidos durante os experimentos, demonstram claramente que uma manutenção inadequada, torna ineficaz

qualquer ganho ambiental obtido, tendo em vista a crescente ampliação da frota existente, baseada em políticas públicas equivocadas, as quais, continuam a incentivar a aquisição de veículos particulares em detrimento da valorização e ampliação do sistema de transporte público, o qual continua muito ineficiente e carente de benefícios e incentivos do poder público, além de caro para os padrões econômicos da população.

O padrão atual de consumo é claramente insustentável, impondo aos gestores responsáveis pelos municípios e pelo trânsito, bem como às organizações ambientais existentes na região, a necessidade imediata de realizarem um planejamento ambiental sério de curto, médio e longo prazo, vinculado às frotas e ao trânsito da região.

Os resultados sugerem também que, a simples utilização de sistemas de rodízio na frota existente, como acontece na capital do estado de São Paulo, seria ineficaz do ponto de vista ambiental e de segurança. Pode ser considerada a hipótese de que, a população desprovida de transporte coletivo adequado, optaria pela aquisição de veículos mais baratos e antigos, resultando em uma substituição dos veículos em circulação, por outros mais antigos e desprovidos de dispositivos segurança e de controle de emissões atmosféricas. Nessa nova situação, esses veículos, provavelmente com manutenção ainda mais inadequada, resultariam em um aumento significativo de poluentes para a atmosfera, piorando a qualidade do ar e a saúde da população, e resultando também em, aumento dos riscos de acidentes para toda população.

A utilização dos dados obtidos nas diversas campanhas de amostragens deste trabalho, visaram, estabelecer um ponto de discussão para novos paradigmas, sobretudo do ponto de vista dos padrões de consumo da sociedade atual, estabelecendo uma base de orientação para novas políticas públicas, direcionadas ao meio ambiente, aos transportes coletivos e também ao gerenciamento de trânsito, como por exemplo, a imposição de manutenção da frota

existente, ressaltando-se ainda que, a implantação da Inspeção Veicular obrigatória, prevista no PROCONVE, só poderá atingir os objetivos propostos se for implantada de forma conjunta entre os municípios conurbados da região em estudo, caso contrário, poderemos vir a ter ainda mais veículos circulando na zona metropolitana de Sorocaba, sem estarem registrados e devidamente obrigados a serem inspecionados.

5.5.1. SUGESTÃO DE MELHORIA NO TRANSPORTE PÚBLICO

Ao analisarmos a sociedade atual, fica claro que a única forma de reduzir o número de veículos em circulação, é o incentivo à utilização do transporte público, nesse contexto, a única forma de convencer a população, é oferecer um transporte alternativo de qualidade, pois as experiências adotadas em alguns municípios, prova que, as sistemáticas de imposição de circulação de veículos, comumente chamadas de rodízio, não alcançam uma eficácia satisfatória, tendo em vista a imediata substituição dos veículos impedidos de circular por outros mais antigos e mais baratos, os quais desprovidos de dispositivos de controle de emissões, resultariam em um aumento ainda maior das emissões veiculares.

Deve-se ressaltar a atual sistemática de transporte público urbano de Sorocaba, pois, ao contrário de outras cidades do mesmo porte, a administração e o controle do caixa ficam a cargo de uma empresa municipal.

Diante disso, e considerando que as concessionárias do transporte coletivo de Sorocaba, são remuneradas por quilometro rodado, podemos propor a utilização de um transporte coletivo urbano sem as catracas, ou seja, sem pagamento no ato de sua utilização.

A remuneração das empresas, pode ser pelo direcionamento de um conjunto de medidas, como: uma parcela do IPVA arrecadado pelos municípios, vales transportes pagos pelos empregadores, uma parcela do IPTU arrecadado e também uma taxa empresarial.

Estas ações conjuntas, resultariam na melhoria das emissões atmosféricas do município, na melhoria na fluidez do trânsito, na melhoria e na ampliação da frota de ônibus, bem como resultarim também em um resgate social da população mais carente.

Em relação ao tipo da frota de coletivos, estes devem receber a imposição da utilização de motores eletrônicos tipo “com mom rail”, movidos à eletricidade ou combustíveis renováveis como o Álcool e o Biodiesel, impondo também, a utilização de veículos de capacidade e tamanhos diferentes, visando a adequação aos diversos tipos de demandas nos bairros existentes.

Em relação à fluidez do trânsito, a alteração do modelo de transporte público existente, apresentaria um impacto considerável, pois a maioria da população certamente optaria por se deslocar em um sistema de transporte de qualidade e sem custos adicionais, deixando seus veículos particulares na maioria das vezes em casa.

Em relação às concessionárias, devemos ressaltar que, com a liberação das catracas ao público, estas deverão implantar um sistema de melhoria contínua, através do aumento da qualidade e quantidade dos ônibus, pois com o aumento da frota e também dos usuários, haveria também um retorno financeiro bem maior às concessionárias.

Em relação à parte social, deve-se ressaltar a crescente demanda da isenção das pessoas da terceira idade, o aumento dos pula-catracas, os passes estudantes e também o fato comprovado de que, as pessoas desempregadas, acabam se desanimando em procurar e ocupar novos empregos, quando essas oportunidades não se encontram à uma distância muito próxima, ocasionando um circulo vicioso de “ não arrumar emprego por que não tem dinheiro para o transporte e consequentemente não ter transporte porque não tem dinheiro”.

Com o direcionamento desses valores em uma administração correta e imparcial,

podemos pressupor que a arrecadação seria suficiente para cobrir os custos do transporte coletivo dos municípios de Sorocaba e Votorantim, transformando a região em estudo em referência nacional em transporte coletivo e qualidade ambiental, resultando em um aumento significativo na qualidade de vida de seus habitantes.

5.6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A continuidade de um Inventário de Emissões, associado aos dados do sistema público de saúde, contendo informações sobre o atendimento e internação da população com problemas respiratórios, tendo como base os dados identificados neste trabalho, torna-se primordial para que se possa ter um diagnóstico das emissões e suas consequências na saúde da população da região ao longo do tempo.

Referências Bibliográficas

ABRANTES, R. **Caracterização preliminar das emissões de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e aldeídos de veículos do ciclo diesel. 2002. 185 f.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ABRANTES R. **Influência de Combustíveis, Aditivos e Lubrificantes na Emissão de Dioxinas, Furanos e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Veículos do Ciclo Otto. 2007. 180f** Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário estatístico da indústria automobilística**

brasileira, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS E BICICLETAS (ABRACICLO).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12026, 29/04/2002: **Determinação da emissão de aldeídos e cetonas contidas no gás de escapamento, por cromatografia líquida – Método DNPH.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6601, 30/09/2005: **Determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono e material particulado no gás de escapamento.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14489, 29/05/2000: **Motor diesel, Análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel – ciclo de 13 pontos.**

BAIRD, C., **Química Ambiental. 2 ed Porto Alegre, Bookman 2002.**

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL,

Estudos Investigativos da Ocorrência de Ozônio Troposférico na Região de Sorocaba – SP, setembro, 2004.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL,
IEV – Inventário de Emissão Veicular 1987 – Metodologia de Cálculo.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL,
IEV – Inventário de Emissão Veicular 1992 – Metodologia de Cálculo.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL,
Proconve 2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.
Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - CETESB, 2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.
Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - CETESB, 2008.

CIRCUNSCRIÇÃO REGIONAL DE TRÂNSITO (19.^a CIRETRAN), **Relatório anual**
2006

COMPANHIA DE PROCESSAMENTO DE DADOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licenciamento da frota de São Paulo: 2000; São Paulo: Prodesp, 2006, 2007 e 2008**

CONAMA 03/1990 **Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1990.**

DETRAN, **Departamento Estadual de Trânsito, 2007/2008.**

DENATRAN, **Departamento Nacional de Trânsito - Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM – 2006.**

DENATRAN, **Departamento Nacional de Trânsito - Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM – 2007.**

DENATRAN, **Departamento Nacional de Trânsito - Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM – 2008.**

E.P.A. – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, **Agência Ambiental dos Estados Unidos, Mobile Source Emission Factors**

E.P.A. – ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, **Agência Ambiental dos Estados Unidos, Compilation of Air Pollution Emission Factors.**

FREITAS M. K. **Investigação da Produção e Dispersão de Poluentes do Ar no Ambiente Urbano: Determinação Empírica e Modelagem em Rede Neural da Concentração e CO. 2003.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

HIRAI, E. Y. **Caracterização das emissões de aldeídos dos motores de combustão interna, com vista aos combustíveis alternativos utilizados. 2009.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Pesquisa 2006/2007.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve. Brasília: IBAMA, 1998.**

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS

RENOVÁVEIS. Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – IBAMA 2004

JACONDINO, G. B. **Quantificação das Emissões Veiculares Através do Uso de Simuladores de Tráfego. 2005.** 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, UFRGS-Porto Alegre.

KOZERSKI, G.R & HESS, S.C., **Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande/MS, empregando como combustível diesel, biodiesel ou gás natural. Vol.II – N.º 2 – abr/jun 2006. Eng. Sanit. Ambient. Nota Técnica.**

MILLER, EW., MILLER, M.R., **Contemporary World Issues – Environmental Hazards: Air Pollution: a reference handbook. ABC-CLIO, Santa Barbara, Califórnia 1989.**

MOREIRA, A., **Curso de Poluição Atmosférica na Indústria de Petróleo, Rio de Janeiro, Universidade Corporativa da Petrobrás, 2004.**

MURGEL, E. M. ET ALL. **Inventário de Emissão Veicular, Metodologia de Cálculo, revista engenharia Sanitária, ABES, volume 26:3, 1987.**

NETO, E. E., **Caracterização preliminar das emissões de aldeídos e ácidos carboxílicos em motores de combustão interna. 2009.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, DEUZUITA S., **Avaliação do potencial de risco mutagênico dos poluentes presentes na exaustão de motor diesel por meio do bioensaio TRAD-SH – 2005. 53f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA – Secretaria de Transportes e Defesa Social – SETDS - **Relatório da Frota de Veículos 2006.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA – Secretaria de Transportes e Defesa Social – SETDS - **Relatório da Frota de Veículos 2007.**

PROCONVE, **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve. Brasília: IBAMA, 1998.**

PROMOT, **Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares, 2004.**

RENAEST - Registro Nacional de Estatísticas e Acidentes de Trânsito – **Relatório estatístico 2006, 2007 e 2008. [relatório on line].**

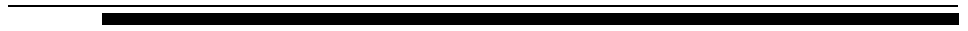
WENZEL, T.; ROSS, M. SLOT, R. **Some Issues in the Statistical Analysis of Vehicle Emissions. Journal of Transportations Statistics, v3, n.2, p.1-14, 2000.**

URBES - Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social, **CEADE/IBGE/2008.**

USP – Universidade de São Paulo, publicação eletrônica.

http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Efeito_Estufa.html, acesso em **dezembro/2008**

Anexos



Anexo 1 - PROCONVE

Fatores Médios de Emissão de Veículos Leves Novos (1)

ANO MODELO	COMBUS- TÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
PRÉ - 80	Gasolina	54,0	4,7	1,2	0,050	ND
80 - 83	Gasolina C	33,0	3,0	1,4	0,050	ND
	Álcool	18,0	1,6	1,0	0,160	ND
84 - 85	Gasolina C	28,0	2,4	1,6	0,050	23,0
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,180	10,0
86 - 87	Gasolina C	22,0	2,0	1,9	0,040	23,0
	Álcool	16,0	1,6	1,8	0,110	10,0
88	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,040	23,0
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,110	10,0
89	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (00%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-08%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
90	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (00%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
91	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
92	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)
93	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040 (-78%)	1,1 (-89%)
94	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)

continua

continuação

ANO MODELO	COMBUS- TÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAP. DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
95	Gasolina C	4,7(-83%)	0,6 (-75%)	0,6(-62%)	0,025(-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
96	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
97	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1 (-89%)
98	Gasolina C	0,8 (-97%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,7 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,014 (-92%)	1,3 (-87%)
99	Gasolina C	0,7 (-98%)	0,1 (-96%)	0,2 (-88%)	0,004 (-92%)	0,8 (-97%)
	Álcool	0,6 (-96%)	0,2 (-88%)	0,2 (-83%)	0,013 (-93%)	1,6 (-84%)
00	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
01	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)
02	Gasolina C	0,43 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-95%)	0,004 (-92%)	0,61 (-97%)
	Álcool	0,74 (-96%)	0,16 (-90%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	ND
03	Gasolina C	0,40 (-98%)	0,11 (-95%)	0,12 (-93%)	0,004 (-92%)	0,75 (-97%)
	Álcool	0,77 (-95%)	0,16 (-90%)	0,09 (-93%)	0,019 (-89%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,50 (-98%)	0,05 (-98%)	0,04 (-98%)	0,004 (-92%)	ND
	Flex-Álcool	0,51 (-88%)	0,15 (-90%)	0,14 (-93%)	0,020 (-89%)	nd
04	Gasolina C	0,35 (-99%)	0,11 (-95%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,69 (-97%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,39 (-99%)	0,08 (-97%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,46 (-97%)	0,14 (-91%)	0,14 (-91%)	0,014 (-92%)	ND

Continua

Conclusão

ANO MODELO	COMBUS- TÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)	EMISSÃO EVAP. DE COMBUSTÍVEL (g/teste)
05	Gasolina C	0,34 (-99%)	0,10 (-96%)	0,09 (-94%)	0,004 (-92%)	0,90 (-96%)
	Álcool	0,82 (-95%)	0,17 (-89%)	0,08 (-93%)	0,016 (-91%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,11 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	ND
	Flex-Álcool	0,39 (-98%)	0,14 (-91%)	0,10 (-92%)	0,014 (-92%)	ND
06	Gasolina C	0,33 (-99%)	0,08 (-96%)	0,08 (-95%)	0,002 (-96%)	0,46 (-98%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,12 (-93%)	0,05 (-96%)	0,014 (-92%)	ND
	Flex-Gasol.C	0,45 (-98%)	0,10 (-95%)	0,05 (-97%)	0,003 (-94%)	0,62 (-97%)
	Flex-Álcool	0,47 (-98%)	0,11 (-95%)	0,07 (-96%)	0,014 (-92%)	1,27 (-87%)
<p>(1) Médias ponderadas de cada ano-modelo pelo volume da produção.</p> <p>ND: não disponível.</p> <p>(%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE.</p> <p>Gasolina C: 78% gasolina + 22% álcool.</p>						

Fatores Médios de Emissão de Motocicletas Novas e Similares

ANO	MOTOR (Cap.Vol.)	PROCEDÊNCIA (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)
2003 ⁽¹⁾	<= 150 cc	Nacional	6,25	0,82	0,18	43,30
		Importada	3,32	0,63	0,11	ND
	De 151 cc a 500 cc	Nacional	7,36	1,05	0,15	81,70
		Importada	7,24	1,28	0,18	ND
	>= 501 cc	Nacional	--	--	--	--
		Importada	3,57	0,11	0,11	163,20
2004 ⁽²⁾	<= 150 cc	Nacional	5,90	0,75	0,18	43,20
		Importada	6,23	0,88	0,17	51,20
	De 151 cc a 500 cc	Nacional	7,36	1,05	0,15	81,70
		Importada	7,24	1,28	0,18	ND
	>= 501 cc	Nacional	5,15	0,81	0,14	144,90
		Importada	2,18	0,56	0,10	199,30
2005 ⁽³⁾	<= 150 cc	Nacional	3,13	0,58	0,16	43,00
		Importada	2,09	0,34	0,16	ND
	De 151 cc a 500 cc	Nacional	2,98	0,62	0,14	82,00
		Importada	3,29	0,55	0,13	ND
	>= 501 cc	Nacional	1,37	0,36	0,15	145,00
		Importada	2,08	0,43	0,10	ND
2006 ⁽⁴⁾	<= 150 cc	Nacional	2,30	0,32	0,17	54,00
		Importada	2,17	0,35	0,18	52,00
	De 151 cc a 500 cc	Nacional	1,35	0,29	0,16	75,00
		Importada	2,14	0,46	0,15	54,00
	>= 501 cc	Nacional	0,89	0,14	0,02	198,00
		Importada	1,56	0,27	0,08	204,00

(1) Valores médios obtidos da Homologação junto ao PROMOT obtidos de 107 configurações de 12 fabricantes ou importadores, segundo a Resolução CONAMA n° 297/02.

(2) Valores médios obtidos da Homologação junto ao PROMOT obtidos de 28 configurações de 9 fabricantes ou importadores, segundo a Resolução CONAMA n° 297/02. Não houve homologações na classe de 151 à 500cc, apenas revalidações de 2003.

(3) Valores médios de homologação de 64 configurações de motocicletos segundo a Resolução CONAMA n° 342/02.

(4) Valores médios de homologação de 88 configurações de motocicletos segundo a Resolução CONAMA n° 342/02.

Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores
Veículos Leve de Passageiros

POLUENTES	LIMITES		
	Fase L-3	Fase L-4	Fase L-5
	até 31/12/2006	desde 01/01/2005 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 ⁽²⁾	0,30 ⁽²⁾
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 ⁽³⁾ ou 0,60 ⁽⁴⁾	0,12 ⁽³⁾ ou 0,25 ⁽⁴⁾
material particulado** (MP em g/km)	0,05	0,05	0,05
aldeídos* (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,0	2,0
emissão de gás no cárter	Nula	nula	nula
<p>(1) em 2005 -> para 40% dos veículos comercializados; em 2006 -> para 70% dos veículos comercializados; a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.</p> <p>(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;</p> <p>(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;</p> <p>(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;</p> <p>(NE) não exigível.</p>			

Veículos Leves Comerciais - massa referência para ensaio menor que 1700 kg

POLUENTES	LIMITES		
	Fase L-3	Fase L-4	Fase L-5
	até 31/12/2006	desde 01/01/2005 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/km)	2,000	2,00	2,00
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,300	0,30 ⁽²⁾	0,30 ⁽²⁾
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,600	0,25 ⁽³⁾ ou 0,60 ⁽⁴⁾	0,12 ⁽³⁾ ou 0,25 ⁽⁴⁾
material particulado ⁽⁴⁾ (MP em g/km)	0,124	0,08	0,05
aldeídos ⁽³⁾ (CHO g/km)	0,030	0,03	0,02
emissão evaporativa (g/ensaio)	2,000	2,0	2,0
emissão de gás no cárter	Nula	nula	nula
<p>(1) em 2005 -> para 40% dos veículos comercializados; em 2006 -> para 70% dos veículos comercializados; a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.</p> <p>(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;</p> <p>(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;</p> <p>(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;</p> <p>(NE) não exigível.</p>			

Veículos Leves Comerciais - massa referência para ensaio maior que 1700 kg

POLUENTES	LIMITES		
	Fase L-3	Fase L-4	Fase L-5
	até 31/12/2006	desde 01/01/2005 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/km)	6,20	2,70	2,70
hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,50	0,50 ⁽²⁾	0,50 ⁽²⁾
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,20	0,06
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	1,40	0,43 ⁽³⁾ ou 1,00 ⁽⁴⁾	0,25 ⁽³⁾ ou 0,43 ⁽⁴⁾
material particulado ⁽⁴⁾ (MP em g/km)	0,16	0,10	0,06
aldeídos ⁽³⁾ (CHO g/km)	0,06	0,06	0,04
emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,0	2,0
emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

(1) em 2005 -> para 40% dos veículos comercializados;
em 2006 -> para 70% dos veículos comercializados;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a GNV;

(3) Aplicável somente a veículos movidos a gasolina ou etanol;

(4) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(NE) não exigível.

**Veículos Pesados - Ciclo Diesel – Convencional e com Pós-tratamento
(Ciclo de testes ESC/ELR)**

POLUENTES	LIMITES		
	Fase P-4	Fase P-5	Fase P-6
	até 31/12/2005	desde 01/01/2004 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/kW.h)	4,0	2,10	1,50
hidrocarbonetos não metano(HC em g/kW.h)	1,10	0,66	0,46
óxidos de nitrogênio (NOx em g/kW.h)	7,00	5,00	3,50
material particulado ⁽²⁾ (MP em g/kW.h)	0,25	0,10 ou 0,13 ⁽³⁾	0,02
opacidade ELR (m ⁻¹)	NE	0,80	0,50

(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

Alternativamente

em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e rotação à potência nominal superior a 3000 m⁻¹;

(NE) não exigível.

**Veículos Pesados - Ciclo Diesel – Convencional e Pós-tratamento
(Ciclo de testes ETC)**

POLUENTES	LIMITES	
	Fase P-5	Fase P-6
	desde 01/01/2004 ⁽¹⁾⁽²⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/kW.h)	5,45	4,00
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/kW.h)	0,78	0,55
metano (CH ₄ em g/kW.h)	NE	NE
óxidos de nitrogênio (NOx em g/kW.h)	5,0	3,50
material particulado (MP em g/kW.h)	0,16 ou 0,21 ⁽³⁾	0,03

(1) Aplicável somente para veículos com pós-tratamento

(2) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

Alternativamente

em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e rotação à potência nominal superior a 3000 m⁻¹;

(NE) não exigível.

**Veículos Pesados - Ciclo Diesel – Com Pós-tratamento
(Ciclo de testes ESC/ELR)**

POLUENTES	LIMITES		
	Fase P-4	Fase P-5	Fase P-6
	até 31/12/2005	desde 01/01/2004 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/kW.h)	4,0	2,10	1,50
hidrocarbonetos (HC em g/kW.h)	1,10	0,66	0,46
óxidos de nitrogênio (NOx em g/kW.h)	7,00	5,00	3,50
material particulado ⁽²⁾ (MP em g/kW.h)	0,25	0,10 ou 0,13 ⁽³⁾	0,02
opacidade ELR (m ⁻¹)	NA	0,80	0,50

(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

Alternativamente

em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos;
em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção;
a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e rotação à potência nominal superior a 3000 m⁻¹;

(NA) não aplicável.

**Veículos Pesados – Movidos a GNV
(Ciclo de testes ETC)**

POLUENTES	LIMITES	
	Fase P-5	Fase P-6
	desde 01/01/2004 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2009
monóxido de carbono (CO em g/kW.h)	5,45	4,00
hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/kW.h)	0,78	0,55
metano (CH ₄ em g/kW.h)	1,60	1,10
óxidos de nitrogênio (NO _x em g/kW.h)	5,00	3,50
material particulado (MP em g/kW.h)	NE	NE
<p>(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção; a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.</p> <p align="center">Alternativamente</p> <p>em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção; a partir de 2007 -> para 100% dos veículos comercializados.</p> <p align="center">(NE) não exigível.</p>		

Ciclomotores

POLUENTES	LIMITES	
	desde 01/01/2003 ⁽¹⁾	a partir de 01/01/2005 ⁽²⁾⁽³⁾
monóxido de carbono (CO em g/km)	6,0	1,0
hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio (HC + NOx em g/km)	3,0	1,2

(1) a produção ou importação de até 4.000 unidades de um modelo por ano, num total máximo das 10.000 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(2) a produção ou importação de até 50 unidades de um modelo por ano, num total máximo das 100 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(3) - em 01/01/2005 -> inicia para todos os novos lançamentos de modelos. - em 01/01/2006 -> exigido para todos os modelos.

Motocicletas

POLUENTES		LIMITES				
		desde	Desde		a partir de	
		01/01/2003 ⁽¹⁾	01/01/2005 ⁽¹⁾⁽²⁾		01/01/2009 ⁽¹⁾	
		Motorização				
		Todos	< 150 cc	≥ 150 cc	< 150 cc	≥ 150 cc
monóxido de carbono (CO em g/km)		13,0	5,5	5,5	2,0	2,0
hidrocarbonetos (HC em g/km)		3,0	1,2	1,0	0,8	0,3
óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)		0,3	0,3	0,3	0,15	0,15
monóxido de carbono em marcha lenta	≤ 250 cc	6,0%				
(CO Marcha Lenta)	> 250 cc	4,5%				

(1) a produção ou importação de até 50 unidades de um modelo por ano, num total máximo das 100 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(2) - em 01/01/2005 -> inicia para todos os novos lançamentos de modelos. - em 01/01/2006 -> exigido para todos os modelos.

Anexo 2 - FROTA DE VEÍCULOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Município	Alcool			Gasolina			FLEX		Total Otto	Diesel			Total Diesel	Moto	Reboque	Semi-reboque	Total Geral
	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Automóvel	Camioneta	Caminhão	Automóvel	Camioneta		Caminhão	Camioneta	Ônibus					
Caieiras	1.856	136	0	10.221	1.074	9	2.676	338	16.310	881	337	473	1.691	3.234	145	64	21.444
Cajamar	1.669	133	1	8.418	1.042	8	1.656	271	13.198	1.348	285	195	1.828	2.649	118	437	18.230
Carapicuíba	11.639	625	3	51.445	4.097	31	7.563	691	76.094	2.531	868	1.258	4.657	19.946	322	196	101.215
Cotia	5.532	473	4	31.115	3.867	35	11.124	1.155	53.305	2.181	980	977	4.138	10.487	442	141	68.513
Diadema	10.536	741	3	56.274	5.690	35	10.581	1.165	85.025	3.959	997	1.051	6.007	25.743	463	432	117.670
Embu	4.384	368	0	22.609	2.290	30	4.335	523	34.539	1.844	497	896	3.237	10.858	274	521	49.429
Embu Guapu	1.195	149	4	5.907	696	16	1.219	158	9.344	1.067	285	262	1.614	2.365	88	47	13.458
Ferraz de Vasconcelos	3.319	243	1	15.932	1.610	24	2.578	254	23.961	1.082	285	334	1.701	4.608	142	53	30.465
Francisco Morato	2.280	142	1	9.423	727	8	1.026	107	13.714	408	172	252	832	3.859	54	20	18.479
Franco da Rocha	2.442	143	1	12.029	991	10	2.162	251	18.029	521	208	270	999	4.733	92	18	23.871
Guararema	765	67	0	3.425	496	2	949	130	5.834	372	130	80	582	1.727	85	81	8.309
Guanhães	37.586	2.422	12	185.917	19.049	224	43.885	4.250	293.345	19.279	4.373	5.994	29.646	52.483	3.097	6.182	384.753
Itapeerica da Serra	3.468	297	3	15.658	1.632	56	3.949	301	25.364	1.818	593	893	3.304	6.320	243	217	35.448
Itapevi	4.991	319	1	21.973	1.757	26	3.093	361	32.521	1.365	422	231	2.018	9.541	196	179	44.455
Itaquaquecetuba	4.848	293	3	22.409	2.092	31	4.098	480	34.254	1.796	380	524	2.700	9.663	160	241	47.018
Jandira	2.946	210	2	15.262	1.449	15	2.753	341	22.978	1.100	299	294	1.693	5.790	112	62	30.635
Juquitiba	641	79	1	2.919	426	8	404	65	4.543	489	147	131	767	1.151	63	26	6.550
Mairiporã	2.011	203	1	10.566	1.296	12	2.594	415	17.098	1.040	467	245	1.752	4.875	230	70	24.025
Mauá	15.680	967	16	67.177	5.467	69	10.791	1.000	101.167	3.297	961	1.681	5.939	20.832	561	756	129.255
Mogi das Cruzes	10.819	1.086	4	66.476	8.865	75	19.447	2.225	108.997	4.809	1.998	1.562	8.369	21.437	1.404	1.325	141.532
Osasco	24.024	1.512	4	125.906	12.071	157	30.204	2.845	196.723	8.582	2.653	3.496	14.731	41.037	1.446	1.186	255.123
Pirapora do Bom Jesus	305	24	0	1.527	153	5	269	31	2.314	204	57	26	287	812	23	6	3.442
Poá	2.519	162	1	13.797	1.491	26	3.709	447	22.152	859	224	182	1.265	4.434	224	155	28.230
Ribeirão Pires	3.614	248	4	20.970	2.035	20	4.420	500	31.811	1.685	510	634	2.829	4.366	363	240	39.609
Rio Grande da Serra	972	68	0	4.721	426	10	565	58	6.820	236	58	106	400	1.471	46	22	8.759
Salesópolis	538	62	0	2.280	308	3	350	61	3.602	562	185	67	814	1.264	105	38	5.823
Santa Isabel	1.003	107	0	6.171	700	8	1.303	172	9.464	803	173	134	1.110	3.783	159	50	14.566
Santana do Parnaíba	2.215	191	5	18.683	3.214	21	7.512	1.066	32.907	1.418	1.130	293	2.841	5.968	267	119	42.102
Santo André	38.634	2.832	18	200.686	19.951	143	49.383	4.133	315.780	9.422	3.893	3.067	16.382	49.752	2.588	1.433	385.935
São Bernardo do Campo	34.606	2.546	13	200.851	19.981	126	64.198	5.319	327.640	15.799	4.470	3.837	24.106	51.512	3.250	8.260	414.768
São Caetano do Sul	8.114	671	5	56.343	6.940	42	21.961	1.942	96.018	3.370	1.544	900	5.814	10.315	1.011	965	114.123
São Lourenço da Serra	318	39	0	1.742	196	4	281	51	2.631	193	93	26	312	544	25	13	3.525
São Paulo	628.598	48.080	475	3.257.634	359.626	3.179	810.896	76.361	5.184.849	161.090	87.756	66.692	315.538	753.743	43.003	24.129	6.321.262
Suzano	6.992	551	5	35.588	4.169	56	8.035	839	56.235	2.544	780	680	4.004	10.535	475	348	71.597
Taboão da Serra	5.312	387	6	28.550	3.148	50	7.562	704	45.719	2.182	667	1.062	3.911	11.567	316	449	61.962
Vargem Grande Paulista	1.383	111	1	6.421	774	4	1.581	217	10.492	764	233	112	1.109	1.949	111	50	13.711
39 municípios na região																	
Total	897.748	67.510	601	4.676.546	508.348	4.636	1.165.750	111.667	7.432.806	268.555	121.856	100.765	491.176	1.196.053	62.692	50.033	9.232.760

continua

Mairinque	1.658	124	0	7.173	704	4	1.254	161	11.078	479	212	149	840	2.794	126	36	14.874
Piedade	1.578	243	0	6.957	1.076	9	1.064	237	11.164	1.225	394	157	1.776	5.448	228	92	18.708
Pilar do Sul	1.177	159	0	3.675	533	2	434	185	6.165	674	241	104	1.019	2.620	89	100	9.993
Porto Feliz	1.975	215	1	7.998	908	7	1.213	260	12.577	1.138	429	210	1.777	3.600	203	91	18.248
Salto	4.191	292	1	18.975	1.893	15	4.303	548	30.218	1.984	558	327	2.869	8.755	307	246	42.395
Salto de Pirapora	1.230	122	1	5.291	507	7	615	99	7.872	637	145	83	865	2.445	93	133	11.408
São Roque	2.549	258	1	12.100	1.670	13	3.401	475	20.467	892	490	289	1.671	4.655	275	54	27.122
Sorocaba	26.883	2.064	13	124.250	13.538	73	34.423	4.291	205.535	7.487	4.446	2.175	14.108	55.316	2.182	1.116	278.257
Tapirai	208	15	0	822	103	3	100	15	1.266	167	56	16	239	295	23	11	1.834
Tietê	1.905	213	0	6.671	861	5	1.625	353	11.633	1.186	465	168	1.819	3.356	351	145	17.304
Votorantim	4.698	260	1	18.232	1.592	9	2.373	288	27.453	1.168	433	333	1.934	9.414	333	148	39.282
<i>18 municípios na região</i>																	
Total	59.019	5.072	25	263.231	29.736	199	63.052	8.761	429.085	22.807	10.118	5.088	38.013	124.688	5.580	3.314	600.690
Taubaté																	
Campos do Jordão	1.873	188	0	9.160	1.040	9	1.069	141	13.480	563	365	167	1.095	4.582	157	29	19.343
Lagoinha	74	12	0	717	112	0	53	21	989	79	31	19	129	684	8	4	1.814
Natividade da Serra	84	28	0	580	100	0	46	9	847	57	37	22	116	350	12	1	1.326
Pindamonhangaba	4.379	430	1	21.784	2.823	21	5.042	577	35.057	1.580	617	333	2.530	11.274	376	223	49.460
Redenção da Serra	103	25	0	402	89	2	24	7	652	52	33	31	116	240	5	2	1.015
Santo Antonio do Pinhal	211	25	0	848	134	2	99	24	1.343	95	47	23	165	489	24	3	2.024
São Bento do Sapucaí	279	49	1	1.432	210	0	175	39	2.185	110	46	31	187	628	28	1	3.029
São Luís do Paraitinga	275	34	1	1.383	189	1	142	33	2.058	122	69	35	226	655	31	3	2.973
Taubaté	10.750	1.228	5	56.917	7.641	28	15.287	1.546	93.402	2.937	1.490	1.202	5.629	34.274	969	337	134.611
Tremembé	826	97	0	4.547	563	7	1.037	121	7.198	363	165	46	574	2.461	125	33	10.391
<i>10 municípios na região</i>																	
Total	18.854	2.116	8	97.770	12.901	70	22.974	2.518	157.211	5.958	2.900	1.909	10.767	55.637	1.735	636	225.986
Tupã																	
Arco Íris	73	3	0	151	25	0	22	3	277	47	19	15	81	86	4	3	451
Bastos	1.166	91	1	2.751	260	5	389	86	4.749	694	310	70	1.074	2.037	133	110	8.103
Borá	18	5	1	69	14	0	16	12	135	26	2	5	33	31	26	6	231
Herculândia	325	67	0	767	137	0	146	32	1.474	391	110	23	524	350	13	4	2.365
Iaci	360	29	0	693	62	0	106	13	1.263	136	49	19	204	255	26	27	1.775
João Ramalho	219	10	0	366	37	0	76	14	722	29	35	27	91	177	8	4	1.002
Parapuã	579	48	0	1.170	138	1	172	42	2.150	266	111	46	423	525	77	56	3.231
Quatã	765	40	4	1.653	105	0	309	44	2.920	208	104	73	385	475	201	47	4.028
Queiroz	97	12	0	141	19	0	27	9	305	20	14	11	45	86	1	1	438

Conclusão**Fonte: PRODESP/CETESB**

Anexo 3 – FOTOS DOS EXPERIMENTOS

Fotos dos experimentos realizados sem catalisador entre 22/10/2007 e 25/10/2007.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex no Dinamômetro de Chassi.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex durante ciclo FTP, sem catalisador.



Sala de análise do laboratório de veículos da CETESB, detalhe dos analisadores em 2007.



Montagem do equipamento utilizado para exposição das plantas aos gases provenientes do veículo ensaiado.

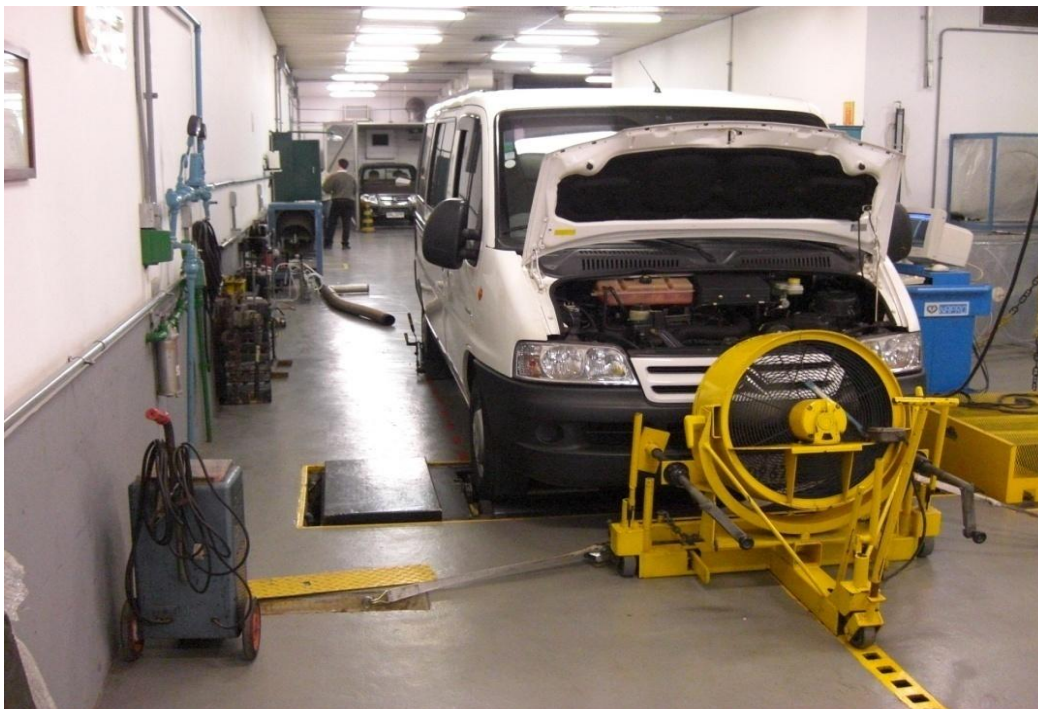


Equipamento utilizado para exposição das plantas aos gases provenientes do veículo ensaiado.

Fotos dos experimentos realizados entre 10/03/2008

Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex durante ciclo FTP, sem catalisador.

Fotos dos experimentos realizados entre 16/09/2008 e 19/09/2008.



Laboratório de ensaios de veículos da CETESB.



Detalhe: veículo ciclo diesel, modelo Citroen Jumper, durante ciclo FTP.



Detalhe: veículo ciclo diesel, modelo Citroen Jumper, durante os experimentos.



Detalhe: veículo ciclo diesel, modelo Citroen Jumper, no dinamômetro de chassi.



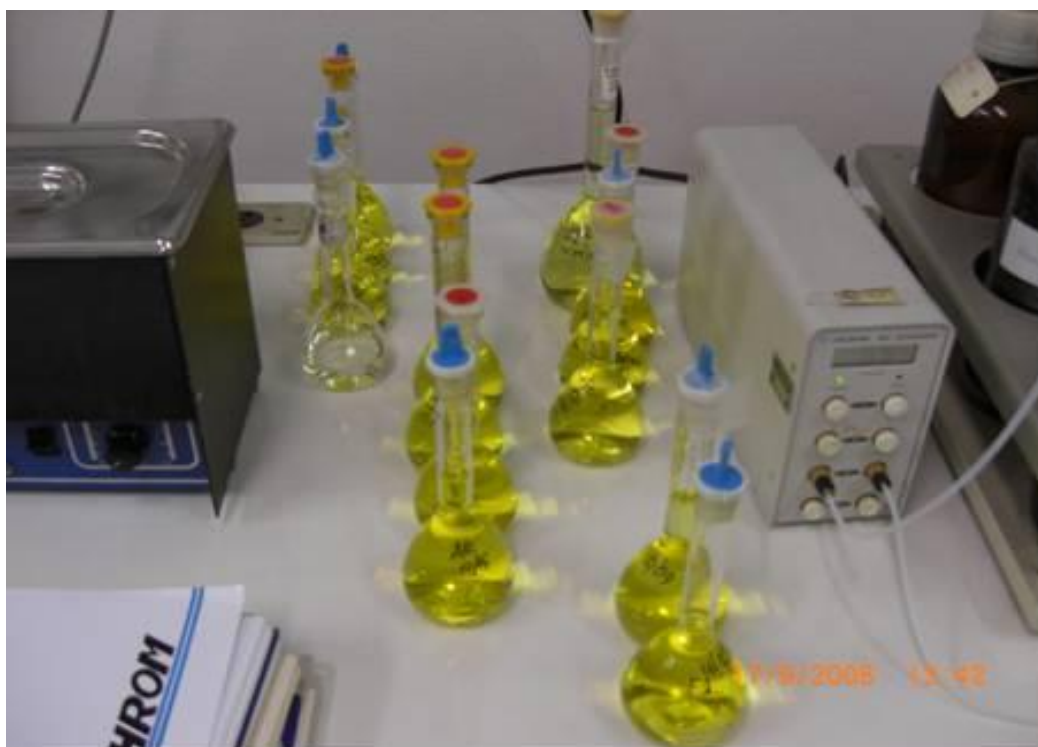
Sala de análise do laboratório de veículos da CETESB, detalhe dos novos analisadores em 2008.



Sala de análise do laboratório de veículos da CETESB, detalhe dos novos analisadores em 2008.



Equipamento utilizado para coleta de aldeídos do laboratório de veículos da CETESB.



Amostras dos experimentos com aldeídos para análise em através de cromatografia líquida.



Detalhe do equipamento modelo Venturi.

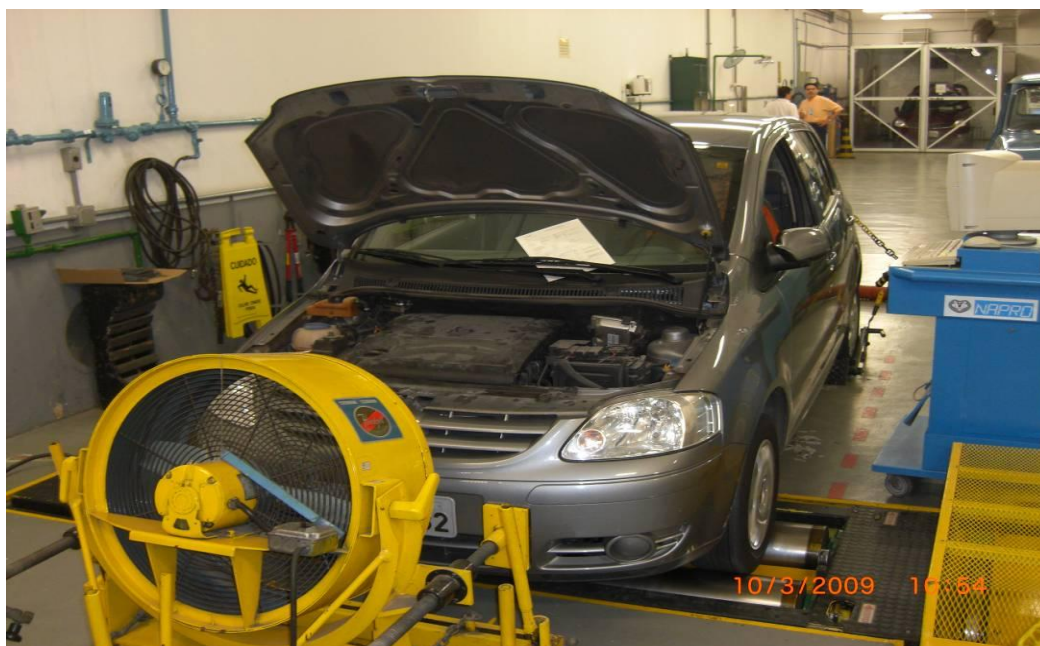


Filtros para coleta e análise de material particulado, após experimento com Diesel Metropolitano B2.



Filtros para coleta e análise de material particulado, após experimento com Diesel Metropolitano B2.

Fotos dos experimentos realizados entre 09/03/2009 e 13/03/2009.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex durante ciclo FTP, com catalisador.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex durante ciclo FTP, com catalisador.



Detalhe: veículo ciclo Otto, modelo Fox 1.6 tipo flex durante ciclo FTP, com catalisador.