

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS

Valquiria Cunha Toledo

**POLUIÇÃO VEICULAR
EM CENTROS URBANOS**

Juiz de Fora

2005

Valquiria Cunha Toledo

**POLUIÇÃO VEICULAR
EM CENTROS URBANOS**

Monografia de conclusão de curso
apresentada ao Curso de Tecnologia em
Meio Ambiente do Instituto de Estudos
Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos.
Orientadora: Prof^a. Dra. Aline Sarmento
Procópio

Juiz de Fora

2005

Valquiria Cunha Toledo

**POLUIÇÃO VEICULAR
EM CENTROS URBANOS**

Monografia de conclusão de curso
apresentada ao Curso de Tecnologia em
Meio Ambiente do Instituto de Estudos
Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos como
requisito parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Meio Ambiente e
aprovada pela orientadora:



Prof.^a Dra. Aline Sarmiento Procópio

Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora

2005

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho: à professora Aline, por ter aceitado o convite para a orientação deste trabalho;

Ao meu esposo pelo seu vasto conhecimento em Poluição Veicular, como especialista na área, pela atenção e material fornecido, que muito enriqueceu esta monografia;

Aos professores da UNIPAC, particularmente aos que participaram do curso de Tecnologia em Meio Ambiente, que direta ou indiretamente também enriqueceram nossos conhecimentos e assim contribuíram para nosso objetivo;

Aos meus familiares, meu filho por compreender minha ausência.

Aos meus Pais, pela compreensão e apoio.

“Mestre não é aquele que ensina, mas quem de repente aprende”

Guimarães Rosa

RESUMO

O Brasil, como todo país em desenvolvimento, apresenta um crescimento desordenado explosivo de suas regiões metropolitanas. O estado de São Paulo enfrenta uma situação particularmente preocupante por deter aproximadamente 40% da frota automotiva do país, segundo dados da CETESB (2005). A frota de veículos do ciclo Diesel (caminhões, ônibus, microônibus e camionetas) no estado de São Paulo é composta por 988,5 mil veículos, sendo que 419,4 mil veículos encontram-se na RMSP (Região Metropolitana de São Paulo). Nas áreas metropolitanas o problema da poluição do ar tem se constituído uma das mais graves ameaças à qualidade de vida dos seus habitantes. As emissões causadas por veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos a saúde. Essa emissão é composta de gases como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SOx) e material particulado (MP), interferindo na saúde humana e contribuindo para a degradação do meio ambiente.

LISTA DE SIGLAS

CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
COMDEMA	- Conselho Municipal de Meio Ambiente
CTB	- Código de Trânsito Brasileiro
DENATRAN	- Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	- Departamento de Trânsito
FEAM	- Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEEMA	- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
PRONCOVE	- Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO -----	09
1 - OBJETIVOS -----	10
2 - PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO URBANA -----	11
3 - PARÂMETROS AMBIENTAIS DE POLUIÇÃO VEICULAR -----	15
4 - PROCESSO DE COMBUSTÃO DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES -----	16
5 - O TRANSPORTE EM SÃO PAULO -----	18
5.1 - O Estado de São Paulo -----	18
5.2 - Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) -----	18
5.2.1 - Aspectos físicos, geográficos e climáticos -----	18
5.2.2 - Aspectos Demográficos -----	19
5.2.3 - Aspectos Econômicos -----	20
5.2.4 - Transporte -----	20
5.2.3 - Situação dos Transportes Urbanos -----	21
6 - EFEITOS DAS EMISSÕES VEICULARES NA SAÚDE HUMANA -----	23
7 - MEDIDAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO VEICULAR -----	26
8 - LEGISLAÇÃO -----	31
CONCLUSÃO -----	33
BIBLIOGRAFIA -----	34

INTRODUÇÃO

A acelerada urbanização que se verifica em todo o planeta se traduz não só pelo aumento da quantidade de pessoas vivendo e trabalhando nas cidades, como também pelos deslocamentos que estas realizam, seja a pé ou utilizando diferentes meios de transporte nas áreas urbanas .

Em todo o mundo os veículos automotores desempenham um papel fundamental dentro do contexto ambiental, agravando a qualidade do ar e prejudicando a saúde e o bem estar do homem devido suas emissões.

Os problemas ecológicos no setor de transporte humano são resultados principalmente da proliferação e da utilização de veículos particulares, assim como da ausência dos poderes públicos, que se recusam a reconhecer a carga real que estes veículos impõem a sociedade. Seus efeitos se fazem sentir não apenas em um local, mas a nível regional e global, podendo se agravar com o passar do tempo .

Localmente, os problemas associados ao uso dos automóveis têm efeitos mais sérios, repercutindo em vários campos: saúde, igualdade social, qualidade de vida e necessidade de infra- estrutura.

Os veículos automotores produzem mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana isolada. No entanto, as formas de controlar este problema são distintas, embora haja um consenso de que não se pode permitir o crescimento do trânsito no ritmo atual. Isso significa que é preciso aceitar o fato de que as atividades de transporte individual sejam cada vez mais restritas.

Atualmente o Brasil apresenta uma fabricação diária de pouco mais de 7.000 veículos por dia sendo que, desde 1945, com a evolução industrial e término da 2ª grande guerra mundial, a média geral dos últimos 50 anos da frota fabricada é de 63.875.000 veículos (CETESB, 2005). A metade desta frota, cerca de 32.500.500 veículos, ainda se encontra em circulação, e a outra metade se encontra ou em ferros velhos espalhados por todo o país ou sendo reciclados, resultado da conscientização da população (CETESB 2005).

1 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é mostrar o papel das emissões veiculares na problemática da poluição nos centros urbanos. A caracterização de gases e MP (material particulado) é muito importante para auxiliar a compreensão de seus efeitos na saúde da população.

Para alcançar este objetivo, os seguintes tópicos serão avaliados:

- 1 Principais fontes de poluição;
- 2 Os efeitos dos poluentes na saúde humana;
- 3 Legislação pertinente à utilização correta dos veículos;
- 4 Monitoramento da poluição veicular em centros urbanos.

A identificação desses fatores é fundamental para o processo de tomada de decisão quanto à prevenção e controle de emissão de poluentes nos centros urbanos.

2 PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO URBANA

A Fundação Estadual do Meio ambiente FEAM (2005) lista como poluentes do ar as seguintes substâncias: óxidos (NO) e dióxidos de nitrogênio (NO₂), compostos orgânicos, como hidrocarbonetos, óxidos (CO) e dióxidos de carbono (CO₂), materiais particulados (MP) e aerossóis em suspensão. Os poluentes de ar são provenientes de fontes estacionárias, móveis, naturais e secundárias (FEAM, 2005). Os diversos tipos de veículos movidos a álcool, a gasolina ou a diesel, e demais meios de transporte, constituem as fontes móveis. O processo industrial, as estacionárias. As fontes naturais são as tempestades de poeira, ação vulcânica, dentre outras. A tabela 1 apresenta as principais fontes de poluição do ar.

Nos centros urbanos, a qualidade do ar é deteriorada pelo grande número de veículos, pois emitem gases e material particulado para a atmosfera. As reações químicas associadas à combustão no motor provocam a emissão destes poluentes pelo tubo de escapamento. Os poluentes emitidos variam de acordo com o tipo do veículo, ano, modelo, velocidade do motor, tipo de combustível e presença de catalizador (FEAM, 2005).

As inversões de temperatura têm grande importância no controle das camadas de ar próximas do solo, onde os poluentes são misturados. À medida que a massa de ar sobe, é exposta a pressões atmosféricas menores, fazendo com que seja expandida. Isso causa a queda de temperatura da camada de ar. Em um dia seco, a taxa de declínio de temperatura é de aproximadamente 1 ° C. O ar saturado perde calor mais lentamente que o ar seco, pois à medida que a temperatura cai, a pressão de vapor também cai, ocorrendo a condensação de gotas, diminuindo o calor (CETESB, 2005).

Tabela 1- Principais fontes de poluição do ar e seus respectivos poluentes (FEAM, 2005).

FONTES ESTACIONÁRIAS	POLUENTES
Combustão	material particulado, SO ₂ , SO ₃ , CO, hidrocarbonetos e NO _x
Processos industriais	material particulado (fumos, poeiras e névoa), SO ₂ , SO ₃ , HCl , HF, hidrocarbonetos, mercaptanas e NO _x
Incineração de resíduos sólidos	material particulado, SO ₂ , SO ₃ ,HCl e NO _x
FONTES MÓVEIS	POLUENTES
Veículos a gasolina, diesel, álcool; aviões, motocicletas, barcos, locomotivas, etc.	Material particulado, CO, SO ₂ , SO ₃ , NO _x , hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos orgânicos
FONTES NATURAIS	POLUENTES
Vulcões, poeira, pólen, etc.	material particulado, SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ e hidrocarbonetos
FONTES DE POLUENTES SECUNDÁRIOS	POLUENTES
* são produzidos na atmosfera através de transformações dos poluentes primários	O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos e aerossol fotoquímico

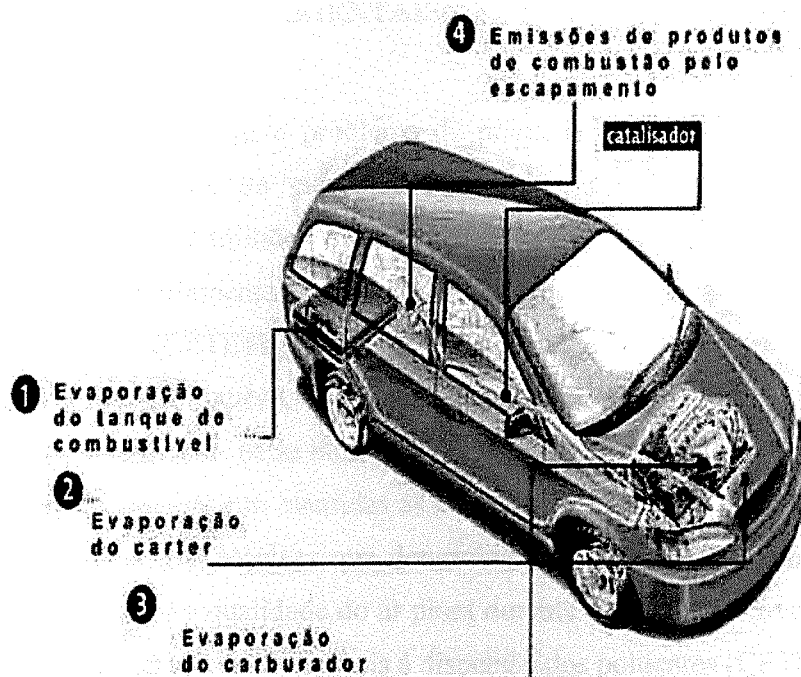


Figura 1 - Pontos de emissão de poluentes do ar em um veículo automotor (FONTE: FEAM, 2005).

As emissões de vapores através de respiros, juntas e conexões do sistema de alimentação do combustível (Figura 1) são denominadas emissões evaporativas e, basicamente, dependem da volatilidade do combustível e das condições do ambiente. A emissão de material particulado, além daquela gerada no processo de combustão, também ocorre devido ao desgaste de pneus e de pastilhas ou lonas e freios.

Apesar dos veículos não se constituírem na maior fonte de material particulado e de óxidos de enxofre, sua contribuição é significativa pois a emissão ocorre ao nível da rua e, com isso, a população sofre uma exposição acentuada a esses poluentes veiculares. Além disso, o material particulado emitido por motores, devido ao seu tamanho microscópico, às suas propriedades químicas, e à sua persistência na atmosfera, pode se constituir em riscos graves à saúde pública (FEAM, 2005).

Além dos poluentes tradicionais (monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio) emitidos pelos veículos leves, a introdução do álcool como combustível trouxe também a emissão de aldeídos em quantidades significativas, quando comparadas com a emissão desses compostos por veículos movidos à gasolina. (FEAM, 2005).

3 PARÂMETROS AMBIENTAIS DE POLUIÇÃO VEICULAR.

Nas áreas metropolitanas, o problema de poluição do ar tem sido uma das mais graves ameaças a qualidade de vida dos seus habitantes. Na região de São Paulo concentram-se cerca de 16 milhões de habitantes, onde circula uma frota de quase 6 milhões de veículos diariamente pelas vias públicas emitindo algumas toneladas de poluentes na atmosfera. (CETESB, 2005). Observações detalhadas permitiram determinar que no período de maio a outubro, em virtude de grande instabilidade atmosférica e das inversões térmicas ocasionadas pelas altas pressões, a dispersão dos poluentes é dificultada. É importante destacar que mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode mudar em função das condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor difusão dos poluentes. É por isso que a qualidade do ar piora durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são desfavoráveis à dispersão dos poluentes (CETESB, 2005).

Quase 50% das emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio provêm da combustão de motores a diesel ou a gasolina. Em regiões congestionadas, o tráfego de veículos responde por cerca de 90% das emissões de CO, e os outros 10% das emissões de hidrocarbonetos e uma boa parcela de material particulado, constituindo uma ameaça à saúde humana (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005). Essas emissões podem se dispersar, reagir entre si, ou com outras substâncias já presentes na própria atmosfera. Estas substâncias ou o produto de suas reações finalmente encontram seu destino num sorvedouro, como o oceano ou alcançam um receptor (ser humano, outros animais, plantas, materiais).

A concentração real dos poluentes no ar depende tanto dos mecanismos de dispersão como de sua produção e remoção. Normalmente a própria atmosfera dispersa o poluente, misturando-o eficientemente num grande volume de ar, o que contribui para a poluição fique em níveis aceitáveis. As velocidades de dispersão variam com a topografia local e as condições meteorológicas reinantes. Em suma, é a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera que vai definir a qualidade do ar; e as condições meteorológicas uma maior ou menor diluição (FEEMA, 2005).

4 PROCESSO DE COMBUSTÃO DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES

A maioria dos poluentes lançados na atmosfera são provenientes do processo de combustão dos veículos. Nos veículos leves equipados com motores a ciclo Otto, as emissões são originárias de quatro fontes principais: o carburador, o tanque de combustível, o cárter e o escapamento. As emissões provenientes do escapamento representam cerca de 80% das emissões totais dos veículos (Reis e Delgado, 2002).

O combustível, formado por hidrocarbonetos e produtos indesejáveis (enxofre, por exemplo) juntamente com o ar ($N_2 + O_2$) é queimado dentro das câmaras de combustão dos motores a ciclo Otto. A reação química que se processa entre o combustível e o oxigênio contido no ar é deflagrado pela centelha (faísca) elétrica da vela de ignição.

No motor a ciclo Diesel, a ignição se dá quando o combustível é injetado no ar comprimido. Há uma relação de compressão muito maior que do que no motor a ciclo Otto, permitindo que o ar atinja uma temperatura suficiente elevada para a auto ignição do combustível. O motor a ciclo Diesel é aproximadamente 50% mais eficiente que o motor Otto. Um bom motor a ciclo Diesel tem aproximadamente uma eficiência térmica de 44%, enquanto que no melhor motor a ciclo Otto gira em torno de 30% (Reis e Delgado, 2002).

Já a gasolina pura, que é uma mistura de diversos hidrocarbonetos, ao reagir completamente com o oxigênio forma basicamente H_2O e CO_2 . Porém, em decorrência de fatores de tempo e imperfeição no contato dos reagentes, a reação de combustão ocorrida no motor não se completa, resultando em hidrocarbonetos não queimados e CO . Ademais, como o oxigênio do ar é acompanhado por nitrogênio, este também reage produzindo diversos óxidos (os chamados óxidos de nitrogênio, compostos basicamente por NO e NO_2).

Para o álcool combustível o raciocínio seria análogo. Considerando o álcool como sendo basicamente representado pela fórmula C_2H_5OH , teríamos para a sua reação de combustão. O mesmo acontece com o óleo diesel, que é uma mistura de hidrocarbonetos superiores (Reis e Delgado, 2002).

De maneira geral, os produtos de combustão e as interações com o meio ambiente podem ser agrupados em categorias: os produtos de combustão completa, os produtos indesejáveis, as emissões gasosas e a evaporação do combustível.

5 O TRANSPORTE EM SÃO PAULO

5.1 O Estado de São Paulo

O estado de São Paulo, situado na Região Sudeste do Brasil, possui a capital mais importante do país. Em termos de comércio exterior, São Paulo ocupa uma posição de liderança, em função principalmente de produtos industrializados. Sua localização física, integrada a sua economia, o transforma no maior articulador e integrador no Mercado Comum do Sul, o “Mercosul” (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005).

5.2 Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) compõe um dos maiores conglomerados do mundo localizado na região sudeste do Brasil. Devido ao seu acentuado crescimento, as indústrias iniciaram um processo de migração para regiões vizinhas. Esse fato permitiu o desenvolvimento do setor terciário na região, responsável por 73% dos empregos em 1995. Surgiram assim outras duas regiões metropolitanas no estado. A Região Metropolitana da Baixada Santista e a Região Metropolitana de Campinas. Existem também os aglomerados do Vale de Paraíba e de Sorocaba (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 1999; Castanho, 1999).

5.2.1 Aspectos físicos, geográficos e climáticos

Conhecida como um dos maiores centros urbanos do mundo, possui mais de 38 municípios vizinhos. Sua área, de 8.051 km², é muito próxima à dimensão de alguns países (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005). Está localizada geograficamente na Bacia Sedimentar do Planalto Atlântico, com altitudes que variam de 650 m a 1.200 m. Estas altitudes máximas são caracterizadas por serras ao redor da região

urbanizada tendo a Serra do Mar a leste, a Serra de Paranapiacaba ao sul, a Serra da Cantareira ao Norte e outras a oeste formando uma barreira à dispersão dos poluentes (CETESB, 1997; Castanho, 1999).

O município de São Paulo está localizado a 23° 32" de latitude sul e 46° 38" de longitude oeste. O município é drenado pela bacia do Rio Tietê com seus afluentes: Rio Pinheiros, Tamanduateí e outros.

O clima pode ser resumido em duas estações bem definidas com um verão chuvoso e um inverno seco. O inverno é caracterizado pela inversão térmica com o topo em baixa altitude o que desfavorece a dispersão de poluentes. (CETESB, 1997; Castanho, 1999).

5.2.2 Aspectos Demográficos

A população atual da Região Metropolitana de São Paulo está estimada em 16,3 milhões de habitantes, com um conglomerado populacional de 18 milhões de habitantes, um dos maiores do país (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005). Alguns poucos indicadores situam a importância demográfica dentro do Brasil e do Estado (Secretaria de estado dos transportes Metropolitanos, 2005):

- 1 1 entre cada 10 brasileiros mora na RMSP;
- 2 A cada hora, esta região incorpora 30 novos habitantes;
- 3 Somente na última década, a região ganhou algo como 260 mil habitantes por ano;
- 4 Sua taxa anual de crescimento demográfico é de aproximadamente 1,88%.

5.2.3 Aspectos Econômicos

A Região corresponde a pouco mais de 50% da renda total estadual e a 18% da riqueza nacional. O setor terciário apresenta crescimento constante na região oferecendo empregos diretos e indiretos em toda a região, com uma participação de 80% de serviços no

país, representando 6 milhões de empregos (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005).

A RMSP é a mais industrialmente desenvolvida no país e na América Latina. Possui um produto interno bruto (PIB) em torno de US\$102,8 bilhões, o que representa 18% do PIB nacional e 50 % do PIB do estado. As indústrias se distribuem pelo município de São Paulo e municípios vizinhos. Segundo dados da Companhia de Engenharia de Tráfego, o número de veículos nas principais vias paulistanas cresceu em decorrência do aumento do número de viagens em transporte individual (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005).

5.2.4 Transporte

Como qualquer centro urbano de porte mundial, a intensa atividade econômica desenvolvida nesses pólos faz com que ocorra um número bastante elevado de viagens. Na RMSP, são realizadas 31,5 milhões de viagens por dia, das quais 21 milhões são motorizadas (Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, 2005). Em torno de 4 milhões de pessoas por dia usam transporte municipal, 2 milhões usam trens metropolitanos e 300 mil o sistema de ônibus intermunicipais. O transporte individual apresenta uma participação crescente, passando de 39% em 1977, para 49% em 1997. A relação de propriedade de veículo na cidade de São Paulo é de 2,18 habitantes por veículo (CETESB, 2005).

5.2.5 Situação dos Transportes Urbanos

A RMSP enfrenta um aumento generalizado da utilização de veículos motorizados, o que aumenta o congestionamento do sistema viário e as emissões veiculares nas áreas urbanas. Quase metade da frota de automotores é de veículos com mais de 10 anos de idade, sendo que 93% são de veículos a gasolina (PRODESP, 2005).

A tabela 2 apresenta a frota de veículos em São Paulo em 1997. Comparando-se

com os dez anos anteriores percebe-se que houve um aumento da frota (figura 2), o que vem agravando os problemas de congestionamento e a poluição do ar, especialmente durante o inverno. A frota em dezembro de 2001 aumentou para 13,2 milhões de veículos, sendo que na Região Metropolitana de São Paulo existiam aproximadamente 7 milhões de veículos. A combinação entre emissões de poluentes e condições climáticas desfavoráveis à dispersão, traz sérios problemas para a saúde pública (CETESB,2005). Desde 1981, as preocupações com as emissões veiculares vêm aumentando, devido principalmente a altas concentrações de CO e partículas suspensas.

Evolução da Frota do Estado DETRAN SP (1990 - 1996)

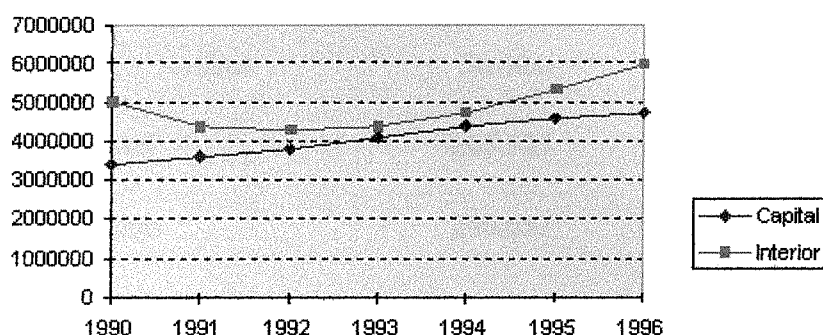


Figura 2- Aumento da frota veicular no estado de São Paulo entre os anos de 1990 a 1996. Em azul, os números na capital, e em rosa, os no interior do estado de São Paulo. Extraído de: SMA/CETESB, 1997.

Tabela 2 - Frota de Veículos em 1997.

		CIDADE DE SÃO PAULO	REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO
Carros e utilitários movidos a gasool (mistura de gasolina e álcool)		2.911.876	3.647.952
Carros e utilitários movidos a etanol		1.145.112	1.409.677
Diesel	caminhões	145.912	204.931
	utilitários	69.609	87.927
	ônibus	50.404	67.820
Total diesel		265.925	360.678
Motocicletas		290.657	360.601
Total		4.879.495	6.139.586
Número de ocupantes por carro de passeio			1,51

Fonte: DETRAN/CETESB (1997).

6 EFEITOS DAS EMISSÕES VEICULARES NA SAÚDE HUMANA

A interação entre os poluentes e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, o que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre o homem, os animais, os materiais e as plantas. Verifica-se, então, que a manutenção dos veículos pode determinar uma maior ou menor diminuição de emissões veiculares, com implicações diretas sobre a saúde e a qualidade de vida da sociedade .

De maneira geral, os efeitos dos gases poluentes na saúde humana estão intimamente associados aos seus efeitos no aparelho respiratório. A presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera tem sido associada à redução da capacidade pulmonar ocasionando doenças como asma, enfisema e podem ser carcinogênicas.

Os efeitos da exposição ao monóxido de carbono estão associados à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio pela hemoglobina. A afinidade da hemoglobina pelo CO é aproximadamente 200 vezes maior que sua afinidade pelo O₂. Com a formação da carboxiemoglobina, composto resultante da reação da hemoglobina com o CO, reduz-se a possibilidade da hemoglobina transportar o O₂ a todas as células do organismo (Procópio, 2004). Experiências demonstram que a exposição ao monóxido de carbono diminui a capacidade de reflexos e distúrbios visuais. Altos índices deste poluente em áreas de fluxo intenso de veículos têm sido apontados como causa de acidentes de trânsito (FEEMA, 2005).

Os óxidos de nitrogênio são produzidos durante a queima de combustíveis a altas temperaturas. As duas maiores fontes de emissão de NO_x são os veículos automotores e os processos de combustão. O monóxido de nitrogênio (NO) é um gás que, diretamente, não causa problemas à saúde humana. Já o dióxido de nitrogênio (NO₂) é uma substância altamente tóxica. O NO₂ é um gás marrom, irritante das mucosas do aparelho respiratório. Além disso, ao penetrar no organismo, pode levar à formação de compostos carcinogênicos (Procópio, 2004).

A decomposição do NO₂ por ação da luz solar produz átomos de oxigênio altamente oxidantes, o que conduz à formação de diversos produtos altamente irritantes para os olhos, tais como o ozônio (O₃) e compostos carbônicos oxigenados. O *smog fotoquímico* está

associado ao agravamento dos problemas respiratórios como a asma, com sintomas semelhantes ao enfisema e à redução da capacidade pulmonar. A reatividade do O_3 causa irritação dos olhos e problemas de saúde associados à redução da capacidade pulmonar, com o agravamento das doenças respiratórias como a asma. Mesmo pessoas saudáveis se mostram sensíveis aos efeitos do ozônio. A exposição longa a baixas concentrações causa envelhecimento precoce e reduz a capacidade de resistência a infecções respiratórias (Procópio, 2004).

Os efeitos dos hidrocarbonetos na saúde são sonolência, irritação nos olhos e tosse. Os hidrocarbonetos são resultantes da queima incompleta dos combustíveis, bem como da evaporação desses combustíveis. O hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre é o metano (CH_4) (Procópio, 2004).

Intoxicações por materiais particulados (fumaça, poeira e fuligem) derivados de veículos, desgaste dos pneus e freios de automóveis em geral, agravam quadros alérgicos de asma e bronquite (Secretaria do Meio Ambiente, 2005). Os efeitos dessas partículas na saúde variam muito em função de sua natureza química e de suas dimensões. Partículas grossas, isto é, com diâmetro maior que 10 microns ($10\ \mu m$) são retidas nas vias superiores do aparelho respiratório, enquanto que as partículas menores podem atingir os alvéolos pulmonares (Procópio, 2004). Algumas partículas sólidas podem se acumular nos pulmões, ocasionando pneumoconiose (doenças pulmonares causadas pela inalação de poeiras). Alguns aerossóis são cancerígenos, como metais constituídos por arsênio, cromo, cádmio, chumbo, cobre e zinco, dentre outros (Procópio, 2004).

Os efeitos adversos da poluição na saúde são mais notados em crianças, idosos e em pessoas que sofrem com doenças respiratórias e cardiovasculares. Nessas pessoas os poluentes levam a um agravamento do quadro da saúde podendo antecipar a morte. Estudos realizados na Faculdade de Medicina da USP mostram um aumento de 23% do número de admissão de crianças menores de 13 anos em prontos socorros em São Paulo, nos dias e horários de picos que há uma maior concentração de particulado inalável. Verifica-se ainda um aumento de 13% na mortalidade de idosos.

Durante os últimos anos, inúmeros estudos sobre a caracterização da poluição atmosférica em centros urbanos e seus efeitos na saúde vem se desenvolvendo e mostrando de forma cada vez, mais clara, quais são as causas e os seus efeitos na saúde humana, além

do impacto ambiental na fauna e flora (Castanho, 1999).

7 MEDIDAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO VEICULAR

Visando minimizar o impacto causado pelas emissões veiculares, medidas de controle e ações preventivas vêm sendo intensificadas a fim de proteger a saúde da população contra os efeitos da poluição do ar. Relatórios da Qualidade do Ar são publicados periodicamente por órgãos competentes como CETESB, FEEMA e FEAM com objetivo de informar sobre planos e níveis de poluição do ar.

A rede de monitoramento da qualidade do ar em Belo Horizonte, por exemplo, possui cinco estações automáticas de monitoramento, três delas instaladas em abril de 1995 e duas em fevereiro de 2002, em pontos selecionados na região urbana do município (FEAM, 2005). As estações de monitoramentos foram instaladas em áreas externas, onde existe maior concentração de unidades industriais e principalmente a concentração de fluxo intenso de veículos leves e pesados, já que contribuição de emissões veiculares é altamente expressiva e exerce uma grande influência na poluição atmosférica urbana. Os equipamentos que compõem a rede são de origem francesa, fornecidos pela *Environnement S.A.* e adquiridos como medida compensatória em seu processo de licenciamento ambiental. Monitores que realizam amostragem e análise de concentração do material estão instalados nas estações que compõe a rede, e todos os dados medidos são transmitidos por rede telefônica para a FEAM. Este sistema permite, além do acesso às informações em tempo real, o registro diário, semanal, mensal e anual dos dados de concentrações de poluentes atmosféricos. Atualmente os poluentes medidos são material particulado e dióxido de enxofre, além de parâmetros meteorológicos (FEAM, 2005). O método de medidas de material particulado utiliza radiação beta, fornecendo resultados a cada quinze minutos; o método para determinar a concentração de SO_2 é o da Fluorescência, por radiação ultravioleta.

No Estado do Rio de Janeiro a qualidade do ar é tratada desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de monitoramento. A partir desta época ações foram desenvolvidas e aperfeiçoadas: eliminação dos incineradores domésticos, substituição do combustível, restrições de veículos pesados nos túneis da cidade, entre outras (FEEMA, 2005). Um programa de inspeção e manutenção dos veículos em uso foi assinado pelo

DETRAN e pela FEEMA em 1997, para medir os gases emitidos pelos veículos automotores quando estes fossem vistoriados.

Para monitorar e minimizar a poluição atmosférica na região de São Paulo, a CETESB desenvolveu ações de controle intenso, exigindo instalações de equipamentos que monitoram a emissão de poluentes atmosféricos, utilizando a tabela de índice de qualidade do ar do CONAMA 03/90 (tabela 3). Para controlar os poluentes veiculares a CETESB desenvolveu as bases técnicas para implantar na década de 80 o PRONCOVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Várias medidas efetuadas pelo PRONCOVE já foram cumpridas por montadoras, como o uso de injeção eletrônica e catalizador, e por fornecedores de combustível, visando não ultrapassar os limites máximos de emissão de poluentes veiculares (de acordo com as características dos veículos). Além da implantação deste programa surgiram outros fatores com objetivo de controlar a poluição na região. Em 1976 surgiu o programa chamado Operação Caça-fumaça, com elevação de multas e realização de vistorias, fazendo com que em 2000 o índice de desregulagem de automóveis chegasse a 9,5% (CETESB, 2005).

Em 1995 a CETESB iniciou a operação rodízio, com objetivo de reduzir a concentração de poluentes. Esta operação tinha como estratégia diminuir o tráfego de veículos nos horários de pico através do controle dos finais de numeração das placas dos veículos (CETESB, 2005). Com essas medidas, a CETESB conseguiu reduzir os níveis de poluição veicular, que representa 60% dos poluentes presentes na atmosfera. Apesar da melhoria das condições da frota de veículos, a intensificação da fiscalização continua se fazendo necessária, devido ao alto número de infrações registradas. No entanto, a atual situação das condições de tráfego e poluição na RMSP requer medidas complementares que considerem programas de inspeção veicular e melhoria da qualidade dos combustíveis, planejamento do uso do solo, maior eficiência do sistema viário e transporte público. Desta forma, a redução dos níveis de poluição do ar não deve se basear, exclusivamente, nas reduções das emissões dos veículos isoladamente, mas numa ação mais complexa e integrada aos diferentes níveis.

Existem diversos procedimentos que podem reduzir um grande número de poluentes atmosféricos prejudiciais ao Meio Ambiente (Fellenberg, 1980):

- 1 Planejamento cuidadoso da construção de vias de transporte, onde deveriam

levar em conta a direção do vento, que deveria ter condições de dispersar com mais facilidade os poluentes;

- 2 As vias não deveriam ser demasiadamente estreitas e deveria cruzar os perímetros urbanos em uma direção mais conveniente. Vias movimentadas e estreitas deveriam ser interditadas ao tráfego, com transferência do trânsito para as vias largas e de contorno;
- 3 Conservação de áreas verdes de lazer próximas a centros urbanos. Os habitantes das zonas urbanas deveriam dispor de áreas verdes suficientes e livres de emissões nocivas de veículos;
- 4 Reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos padrões de qualidade do ar especialmente em centros urbanos;
- 5 Promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;
- 6 Criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;
- 7 Promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores;
- 8 Promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos colocados à disposição da frota de veículos automotores, visando a redução das emissões de poluentes para a atmosfera .

Os padrões de qualidade do ar foram fixados na Resolução CONAMA n.º 3 de 28/06/90, apresentados na tabela 3. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Esses critérios são apresentados na tabela 4. A decretação dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Tabela 3 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).

<i>POLUENTES</i>	<i>TEMPO DE AMOSTRAGEM</i>	<i>PADRÃO PRIMÁRIO ($\mu g/m^3$)</i>	<i>PADRÃO SECUNDÁRIO ($\mu g/m^3$)</i>
PTS	24 horas	240	150
	Média geom. anual	80	60
MP10 (part. inal.)	24 horas	150	150
	Média aritm. anual	50	50
Fumaça	24 horas	150	100
	Média aritm. anual	60	40
SO₂	24 horas	365	100
	Média aritm. anual	80	40
NO₂	1 hora	320	190
	Média aritm. anual	100	100
CO	1 hora	35 ppm	35 ppm
	8 horas	9 ppm	9 ppm
O₃	1 hora	160	160

Tabela 4 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).

<i>PARÂMETROS</i>	<i>ATENÇÃO</i>	<i>ALERTA</i>	<i>EMERGÊNCIA</i>
PTS ($\mu g/m^3$) 24h	375	625	875
PM10 ($\mu g/m^3$) 24h	250	420	500
fumaça ($\mu g/m^3$) 24h	250	420	500
SO ₂ ($\mu g/m^3$) 24h	800	1600	2.100
SO ₂ x PTS 24h ($\mu g/m^3$) ($\mu g/m^3$)	65.000	26.100	393.000
NO ₂ ($\mu g/m^3$) 1h	1.130	2.260	3.000
CO (ppm) 8h	15	30	40
O ₃ ($\mu g/m^3$) 1h	400	800	1.000

Para simplificar o processo de divulgação dos dados, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) utiliza um índice de qualidade do ar (IQA). O IQA é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente com o valor índice, resulta um número adimensional referido a uma escala com base em padrões

de qualidade do ar (Procópio, 2004). Para cada poluente medido é calculado um IQA. Para efeito de divulgação é utilizado o IQA e mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Depois de calculado o valor do índice, o ar recebe uma qualificação, feita conforme a tabela 5.

Tabela 5- Índice de Qualidade do Ar. Fonte: CETESB, 2005.

ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR	QUALIDADE DO AR	COR DE REFERÊNCIA	CONAMA 03/90
0 - 50	BOA		Atende ao padro
51 - 100	REGULAR		Atende ao padro
101 - 199	INADEQUADA		No atende ao padro
200 - 299	MÁ		No atende ao padro
300 - 399	PÉSSIMA		No atende ao padro
> 400	CRÍTICA		No atende ao padro

8 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

Os aspectos legais e institucionais constituem ferramentas importantes à implantação e desenvolvimento de programa de controle de poluição do ar (Procópio, 2004). A clareza e a eficiência na aplicação dos dispositivos legal são aspectos indispensáveis na aplicação da legislação.

8.1 Legislação Federal Brasileira

Lei nº 6.938/1981 e seu **decreto regulamentador nº 88.821/1983**, que define as regras gerais para políticas ambientais para o sistema de licenciamento e cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que tem a responsabilidade de estabelecer padrões e normas ambientais.

Resolução CONAMA nº 018/86, que institui o programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, em caráter nacional, com objetivo principal de reduzir as emissões de poluentes pelo escapamento de veículos automotores e emissões evaporativas.

Resolução CONAMA nº 003/89, que estabelece níveis de emissão de aldeídos no gás de escapamento de veículos automotores leves do ciclo Otto.

Resolução CONAMA nº 004/89, que regulamenta a emissão de hidrocarbonetos considerando a presença de álcool no combustível de automóveis.

Resolução CONAMA nº 005/89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), que tem como estratégia básica limitar, em nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso de padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

Resolução CONAMA nº 010/89, que estabelece mecanismos de controle de emissão de gases de escapamentos de veículos equipados com motor do ciclo Diesel.

Resolução CONAMA nº 003/90, na qual o IBAMA estabelece os padrões primários e secundários de qualidade do ar e ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar, previstos no PRONAR.

Resolução CONAMA nº 008/90, que estabelece limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa em fontes novas fixas com potências nominais até 70 MW e superiores, previstos no PRONAR.

Resolução CONAMA nº 07/93, que estabelece os padrões de emissão e procedimentos de inspeção e manutenção (I/M).

Resolução CONAMA nº 08/93, que estabelece prazos e novos limites de emissão para veículos novos, bem como recomenda as especificações do óleo diesel comercial necessário ao controle ambiental.

8.2 Principais tratados e normas no âmbito internacional

- 2 Agenda 21 (1992), principalmente as recomendações dos capítulos 7 (Promoção do Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos Humanos), 9 (Proteção da Atmosfera), 35 (A Ciência para o Desenvolvimento Sustentável) e 40 (Informação para a Tomada de Decisões) (MMA, 2005);
- 3 Princípio da Precaução e Princípio do Poluidor Pagador (MMA, 2005);
- 4 Convenção do Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (1992) (CETESB, 2005).

CONCLUSÃO

O século XX foi marcado por uma sociedade que transformou o transporte em uma necessidade, sendo que os sistemas de transporte desempenharam um papel importante em relação ao estilo de vida das pessoas e, conseqüentemente, em relação ao seu comportamento. A grande maioria das atividades econômicas depende do transporte de bens e pessoas.

É inegável que melhorias no sistema de transporte aumentam a mobilidade e a acessibilidade de uma população. Por outro lado, isto pode afetar a qualidade desta mesma população. O tráfego de veículos automotores pode provocar comprometimento da segurança e congestionamento.

Além disso, os poluentes provenientes desses veículos causam alterações ambientais tais como a poluição de ar local, intrusão visual, vibração, além de contribuírem para o efeito estufa. Outros efeitos também podem ser sentidos em função da emissão destes poluentes pelos veículos: problemas de saúde, fadiga do motorista, acidentes e perdas de vidas.

Veículos automotores são os principais poluidores atmosféricos em centros urbanos, pois ao queimar combustíveis fósseis, como o óleo diesel e a gasolina, produzem gases, vapores e material particulado. Contribuem ainda para a poluição atmosférica o desgaste dos pneus durante a movimentação dos veículos e até mesmo a evaporação do combustível, que pode ocorrer quando os veículos não se encontram em movimento.

O homem está se conscientizando de suas obrigações para com a preservação da vida e do meio ambiente, uma prova disto está nos próprios proprietários dos automóveis que têm reagido de maneira a se adaptar ao caos instalado na região, a fim de recuperar a qualidade de vida. Para isso, planejam adotar estratégias, como a saída de veículos particulares e a entrada de ônibus. A aplicação de melhorias tecnológicas nos motores dos veículos, a eficiência de combustíveis e a fixação de limites de emissão mais rigorosos como uma forma de controlar os gases emitidos pelos canos de escapamento dos veículos, favorecem a redução dos poluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTANHO, A.D.A, *Estudos de Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado na Atmosfera da Cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), *Emissões Veiculares nos transportes*, <http://www.cetesb.sp.gov.br> (acessado em 15 de abril de 2005), 2005.
- FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), *Qualidade Ambiental – Qualidade do ar*, <http://www.feam.br/home.asp> (acessado em 14 de maio de 2005), 2005.
- FEEMA, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, *Poluição de veículos e qualidade do ar*, <http://www.feema.rj.gov.br/> (acessado em 05 de junho de 2005), 2005.
- FELLENBERG, G., Introdução ao problemas da poluição ambiental. Editora Pedagógica e Universitaria, São Paulo, 1980.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente, *Decisões e documentações ambientais*, <http://www.m.m.a.gov.br> (acessado em 10 de maio de 2005), 2005.
- PROCÓPIO, A.S., Apostila de Poluição Atmosférica e Sonora, Curso de Tecnologia em Meio Ambiente - Instituto de Estudos Tecnológicos Juiz de Fora, 2004.
- REIS, A.F., DELGADO, M.A. F., Didática da prática de direção. Edição 2, 2000.
- MMA (Ministerio do Meio Ambiente), *Decisões e documentações ambientais*, <http://www.m.m.a.gov.br> (acessado em 10 de maio de 2005), 2005.
- Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos, *Informações sobre transportes metropolitanos e planejamento em São Paulo*, <http://www.stm.sp.gov.br/> (acessado em 05 de junho de 2005), 2005.
- Secretaria do Meio Ambiente, Estado de São Paulo, <http://www.ambiente.sp.gov.br> (acessado em 08 de junho de 2005), 2005.