

**CUSTOS DE NÃO CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR
NA CIDADE DE SÃO PAULO: 1990-1998**

Banca Examinadora

Prof. Orientador Luiz Carlos Bresser Pereira

Prof. Robert N. V. Cajado Nicol

Prof. Arthur Barrionuevo Filho

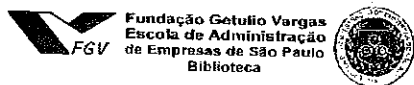
Prof. José Eli da Veiga

Prof. Raul Czarny

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

CARMEN AUGUSTA VARELA

CUSTOS DE NÃO-CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR NA
CIDADE DE SÃO PAULO: 1990 - 1998



674/2000



1200000674

Tese apresentada ao curso de
Pós Graduação da FGV/EAESP.
Área de Concentração: Economia
de Empresas, como requisito para
obtenção de título de doutora.
Orientador: Prof. Luiz Carlos
Bresser Pereira

SÃO PAULO

2000

VARELA, Carmen Augusta. *Custos de Não Controle da Poluição do Ar em São Paulo: 1990 - 1998*. São Paulo: EAESP/FGV, 2000. 163 p. (Tese de doutoramento apresentada ao Curso de Pós-graduação da EAESP/FGV, Área de Concentração: Economia de Empresas).

RESUMO

A tese trata da questão dos custos causados pelo não controle da poluição do ar na cidade de São Paulo, dando ênfase para os danos causados para a saúde: mortalidade e morbidade. O trabalho tenta fazer uma abordagem multidisciplinar do problema. Faz um apanhado geral da análise custo-benefício e de sua aplicabilidade para a questão ambiental. Utiliza-se também da técnica de valoração contingente, com o intuito de captar a sensibilidade e percepção da população em relação à questão da poluição atmosférica.

PALAVRAS-CHAVE

Análise Custo-Benefício - Poluição do Ar - Saúde - Mortalidade - Morbidade - Técnicas de Valoração Ambiental - Valoração Contingente.

AGRADECIMENTOS

Inúmeras foram as pessoas e instituições que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho, portanto, fica praticamente impossível enumerá-las, a seguir, sem que se esqueça de alguém.

Ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, meu orientador, agradeço pela paciência, sugestões e injeções de ânimo nos momentos de crise.

A EAESP-FGV, principalmente aos funcionários da biblioteca, por fazerem me sentir, muitas vezes, na minha 'segunda casa'.

A CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

A Luiz Henrique Barcaro, da Fundação SEADE, pela gentileza e atenção com que fui auxiliada.

A Cecília Heise, Secretária do Centro de Economia Política, pela paciência, apoio e eficiência.

Aos amigos Arício Xavier de Oliveira e Heitor Kato, pela ajuda inestimável na parte econométrica.

A Antônio Carlos Alves dos Santos, pela leitura cuidadosa, sugestões e incentivo.

A Sandra Varela de Oliveira e Agostinho Pascoalichio, pelo apoio e por estarem sempre prontos a auxiliar na procura de dados e de material bibliográfico.

A George Bedinelli Rossi, pelas críticas e sugestões em relação ao questionário.

A Dora Galvão, pelas conversas e por estar sempre entusiasmada com a área ambiental.

Aos amigos José Caio Racy e Mônica Yukie Kuwahara, pelo auxílio na aplicação dos questionários, a leitura da tese, a força nos momentos de crise, o incentivo, a preocupação e, sobretudo, por contar com essa amizade que se intensificou ao longo dos anos, além, é claro, das boas risadas e dos momentos de descontração que já passamos juntos.

Aos muitos amigos conquistados na EAESP-FGV.

A toda a minha família pelo incentivo.

E, por fim, a Guilherme Costa de Sá Borges, pelo apoio, paciência e compreensão.

Os erros e omissões são de inteira responsabilidade do autor.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
I - ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO	03
1.1. Análise Custo-Benefício	05
1.2. Etapas da Análise	06
Enumeração dos Custos e Benefícios	07
Valoração	08
A Escolha da Taxa de Desconto	09
Ranking dos Projetos	12
II - A POLUIÇÃO DO AR: AGENTES E CAUSAS	17
2.1. Aspectos Técnicos da Poluição Atmosférica	19
a) Saúde	23
b) Materiais	31
c) Vegetação	32
d) Clima	34
III - A CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DA POLUIÇÃO DO AR EM SÃO PAULO	41
3.1. Fontes e Padrões de Emissão	42
3.2. Índice de Qualidade do ar	53
3.3. Órgão Responsável pelo Controle da Poluição do Ar e Redes de Monitoramento	54
3.4. Fatores Agravantes da Poluição	57
3.5. Programas de Controle Elaborados e Implementados pela CETESB	58
a) Fontes Estacionárias	58
b) Fontes Móveis	59
3.6. Condições Climáticas e os Resultados da Poluição do Ar na Cidade de São Paulo de 1990 a 1998	61
a) Clima	61
b) Poluentes	67

IV - VALORAÇÃO AMBIENTAL	74
4.1. Métodos da Função Produção	77
Método da Produtividade Marginal	77
Método de Mercado de Bens Substitutos	78
Método de Custo de Oportunidade	79
4.2. Métodos da Função Demanda	80
Métodos de Bens Complementares	81
Valoração Contingente	83
4.3. Críticas	86
V – CUSTOS DE NÃO CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR	89
5.1. Delimitação dos problemas causados pela poluição atmosférica	89
5.2. Saúde	90
Histórico	91
Mortalidade	95
Morbidade	96
Custos	98
VI – RESULTADOS DA VALORAÇÃO CONTINGENTE	100
6.1. Metodologia	101
6.2. Resultados	102
6.3. Análises Econométricas	104
Conclusão	108
Anexos	112
Anexo 1-Valores de Referências Internacionais de Qualidade do Ar	113
Anexo 2- Tabelas com Dados dos Poluentes Atmosféricos, Mortes Por Doenças Respiratórias e No. De Internações	116
Anexo 3- Resultados das Análises Econométricas	134
Anexo 4 – Questionário para Valoração Contingente e Resultados de Aplicação	152
Referências Bibliográficas	159

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um problema que vem se agravando, em São Paulo, nos últimos anos. No final da década de 1970 e início de 1980, a principal fonte poluidora era a indústria, mas medidas de controle da CETESB conseguiram reduzir uma grande parte dessas emissões.

Nos dias de hoje, cerca de 90% dos poluentes são lançados na atmosfera pelos veículos automotores, resultado da queima de combustíveis como a gasolina, álcool e diesel. O número de automóveis já chega a um para cada dois habitantes, índice de motorização maior do que o da cidade de Nova York.

Os grandes congestionamentos dos últimos anos têm agravado a situação, principalmente durante o período de inverno, quando ocorrem as inversões térmicas, que impedem a dispersão dos poluentes e fazem com que estes fiquem retidos em áreas próximas ao solo durante longos períodos, causando danos e agravando a situação de pessoas com problemas cardio-respiratórios. Os mais atingidos são, na sua maioria, os idosos e as crianças.

Pode-se dizer, que hoje existe uma certa unanimidade entre a população de São Paulo, de que a questão da poluição do ar, além de outras como a falta de emprego e a criminalidade, é um dos principais problemas a serem resolvidos nos próximos anos, uma vez que a tendência é de aumento no número de veículos, em função da falta de um sistema de transporte urbano adequado.

Em outros países, afirma-se que a poluição do ar atinge a população de classe de renda mais baixa, mas essa é uma característica que ocorre em cidades cuja fonte principal de poluição é a indústria. Em grandes centros urbanos como São Paulo, em que os veículos são caracterizados como os maiores emissores de poluentes e se movimentam em torno de todas as regiões, praticamente todos os indivíduos são atingidos. A única diferença é que pessoas de classe de renda mais alta têm melhor nível nutricional, o que gera mais resistência ao organismo, e acesso a melhores médicos e hospitais, mas mesmo assim, a gravidade do problema tem sido percebida por toda a população.

O objetivo deste trabalho é tentar fazer uma abordagem multidisciplinar da questão, valorar os custos possíveis em função da existência de dados e comparar esses custos calculados através de técnicas de valoração ambiental com o resultado de um 'ensaio' de valoração contingente. Técnica que se utiliza de questionários ou entrevistas e onde se pergunta para as pessoas quanto estariam dispostas a pagar para resolver o problema ou quanto estariam dispostas a aceitar como recompensa pela continuidade da situação. Essa técnica mede a sensibilidade da população em relação à determinada questão.

A comparação do resultado da valoração contingente com a quantificação dos danos causados, feita através de outros métodos, nos dá a informação sobre os custos que não podem ser mensurados por falta de dados ou por outros motivos. Um deles seria a perda de bem-estar dos indivíduos.

Esses resultados podem servir como base para outros trabalhos que utilizem uma valoração contingente mais detalhada e também, juntamente com outras pesquisas já realizadas, para auxiliar os órgãos do governo a tomar as medidas mais adequadas para resolver o problema.

Não é o intuito deste trabalho esgotar a discussão sobre o tema, uma vez que a complexidade que envolve a questão e os problemas existentes com as séries de dados impedem que qualquer pesquisa sobre o assunto seja considerada definitiva, mas sim tentar estimular outros pesquisadores, sejam eles economistas ou profissionais de outras áreas, a realizar novos estudos sobre o tema.

CAPÍTULO I

ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

1.1. INTRODUÇÃO

A poluição pode ser classificada, do ponto de vista da economia, como uma externalidade negativa, ou seja, uma falha no sistema de mercado onde o processo de consumo e/ou produção de um bem gera custos a outros consumidores e/ou firmas sem que haja pagamento de indenização por esses efeitos negativos.

Verificamos inúmeras externalidades ambientais no nosso dia-a-dia, mas as dificuldades maiores surgem quando temos que decidir como corrigi-las: quais os efeitos e qual o nível tolerável de cada poluente? Quem são os responsáveis por esses danos?

Nestes casos, as dificuldades surgem porque os direitos de propriedade não estão bem definidos, já que o ar, a água, etc são bens de propriedade comum, isto é, bens que praticamente todos os indivíduos têm livre acesso e tendem ser utilizados em excesso. Portanto, para que seu uso seja feito de forma racional, é necessário um "... sistema que garanta que a decisão do uso do recurso seja tomada por um único agente, mesmo que a propriedade possa continuar comunal ou estatal. Somente nesse caso se pode garantir, quer por atribuição de direito de alocação exclusivo, que tal recurso não será superexplorado" (Anuatti, 1998, p. 238).

Um exemplo tradicional de recurso de propriedade comum é o de um lago com trutas, em que muitos pescadores têm livre acesso à exploração de seus

recursos e nenhum deles leva em conta que a quantidade pescada individualmente pode afetar a disponibilidade de peixes para os demais pescadores. Isso acarreta uma ineficiência, ou melhor, a pesca excessiva de animais, levando ao seu esgotamento. Neste caso, o lago é um recurso não-excludente¹, mas existe alguma rivalidade² no seu uso (Pindyck & Rubinfeld, 1994).

Para Pindyck & Rubinfeld (1994), a solução seria que um único proprietário administrasse tal recurso, estabelecendo um preço para sua utilização igual ao custo marginal de seu esgotamento. De acordo com os autores, o ideal seria que tal recurso fosse de propriedade do Governo ou diretamente regulamentado por ele.

O ar se enquadra na mesma situação que a do lago com trutas, pois, o mercado não fornece nenhuma indicação de seu valor e como seu uso não implica em nenhum custo, acaba sendo "superexplorado" ("A Tragédia dos Comuns³").

De acordo com Oyarzun (1994), se uma pessoa quer se proteger do frio, pode comprar um agasalho, mas se quiser aumentar o seu bem-estar, através da melhoria da qualidade do ar que respira, não encontrará um mercado para adquirir diretamente este tipo de bem.

Como esse tipo de recurso não tem um valor de mercado, torna-se importante tentar valorá-lo para que essa informação (o custo que a utilização do meio ambiente representa) esteja disponível durante os processos de decisão que os afetam (Oyarzun, 1994). Vem daí a importância da realização de uma análise custo-benefício, que se encontra inserida num ramo da economia: a teoria do bem-estar.

Neste caso, o termo bem-estar não significa prioridade a programas que beneficiem a população de baixa renda, mas refere-se ao nível de utilidade. A economia do bem-estar procura identificar o conjunto de alternativas com a

¹ Ocorre quando o recurso está disponível para todos os indivíduos, inclusive os que não pagaram por ele.

² Acontece quando o consumo de um bem por um indivíduo afeta sua disponibilidade para outros consumidores.

³ O que é o melhor para as partes, acaba não sendo o melhor para o todo.

'melhor' alocação de recursos, ou aquela que maximiza a utilidade. A análise custo-benefício⁴ é um dos instrumentos de escolha (Miller, 1981).

A complexidade das relações existentes entre a economia e o meio ambiente resultou no desenvolvimento de técnicas específicas de mensuração dos custos e benefícios ambientais⁵.

1.1. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

Esta análise é uma técnica de aplicação dentro da teoria do bem-estar econômico, usada especialmente para auxiliar na escolha do melhor projeto⁶ (Eatwell *et alii*, 1987).

Benakouche & Santa Cruz (1994, p. 07) afirmam que "avaliar economicamente um projeto consiste em considerar um conjunto sistemático e organizado de informações para a tomada de decisão...". De acordo com os autores, este é um método de avaliação *ex ante*, porque tenta antecipar o que vai ocorrer durante a implementação desse projeto.

Para eles, um projeto é composto de três blocos de informações principais: seu dimensionamento, seu estudo técnico e o econômico-financeiro. É nesta última etapa que se estimam os custos e benefícios de sua execução.

Autores como Boardman *et alii* (1996) dividem a análise custo-benefício em dois tipos. A realizada *ex ante*, que é a mesma descrita por Benakouche & Santa Cruz (1994) e a *ex post*, que é feita após a implementação de um projeto, com a finalidade de avaliar os resultados deste, para colaborar para um processo de 'aprendizado', principalmente em relação à intervenções governamentais.

Segundo Musgrave (1969), ao longo do tempo, a preocupação principal da teoria das finanças públicas mudou de como arrecadar (taxação) para como gastar da forma mais eficiente, alocando os recursos arrecadados para a provisão de

⁴ Maiores detalhes no item 1.2.

⁵ Também chamada de valoração ambiental (vide capítulo 4).

⁶ Subentende-se como projeto um investimento, introdução de uma nova *commodity* ou uma mudança política (Eatwell *et alii*, 1987).

bens públicos. De acordo com o autor, a análise custo-benefício surgiu para auxiliar nesta tarefa.

Para Hyman (1996), a análise custo-benefício significa enumerar os prós e contras de uma determinada atividade durante um período de tempo, sendo uma forma sistemática de reunir informações.

A análise custo-benefício é, por algumas pessoas, chamada de análise custo-benefício social. Boardman *et alii* (1996, p. 02) explicam o porquê: "...in cost-benefit analysis we try to consider all of the costs and benefits to society as a whole...".

Eatwell *et alii* (1987) afirmam que os fundamentos analíticos da análise custo-benefício remontam a um trabalho de Dupuit de 1844, mas em termos operacionais foi introduzida pela primeira vez no US Food Control Act de 1936. Nos anos pós-guerra surgiu considerável literatura sobre programas de desenvolvimento e escolha de projetos. Os principais autores foram Tinbergen, Mirrlees, Little, Marglin, Mishan e Sen dentre outros.

Nos EUA, a partir de 1981, todas as leis do Governo Federal passaram a ser submetidas a uma análise custo-benefício (Hyman, 1996).

1.2. ETAPAS DA ANÁLISE

A análise custo-benefício envolve basicamente três etapas:

- 1- Enumerar todos os custos e benefícios de um projeto;
- 2- Valorar esses custos e benefícios e
- 3- Trazer os custos e benefícios a um valor presente para que possam ser comparados. Esta etapa envolve a escolha de uma taxa de desconto adequada (Hyman, 1996).

Enumeração dos Custos e Benefícios

O texto de Longo (1984, p. 173) define o conceito de análise custo-benefício de uma forma bastante simples. Segundo o autor, sua finalidade é "... identificar os benefícios e os custos de um projeto para então estimá-lo em unidades comparáveis. Se os benefícios excedem os custos, o projeto pode conduzir a uma mais eficiente alocação de recursos. Em circunstâncias opostas, o projeto conduz a uma menos eficiente alocação de recursos."

Quando se enumeram os benefícios de um projeto, existem aqueles chamados de benefícios diretos, que estão previstos no desenvolvimento do trabalho e os indiretos, que não estão associados a proposta inicial. Por exemplo, se estivermos falando de um projeto de diminuição de poluição do ar de uma determinada região, existirão os benefícios como diminuição dos gastos de saúde, que estavam previstos pelo projeto (benefícios diretos), mas também pode ocorrer uma elevação da demanda por equipamentos anti-poluição como filtros e catalisadores, aumentando o número de empregos neste setor. Estes são os chamados benefícios indiretos, que não eram a prioridade principal do projeto, mas que acabam ocorrendo em função deste.

Numa análise custo-benefício tem-se que tomar cuidado com a dupla contagem. Na enumeração dos benefícios deve-se considerar somente os aumentos reais de produto e de bem-estar. Se tomarmos como exemplo um projeto de irrigação de uma área agrícola, teremos como benefícios os aumentos de produção e a valorização da terra. Se ambos os benefícios forem contabilizados, estaremos incorrendo no problema da dupla contagem, já que a valorização da terra reflete o aumento do produto potencial da área (Hyman, 1996).

De acordo com Longo (1984), os benefícios indiretos não devem ser contabilizados.

Valoração

Depois de identificar e enumerar os custos e benefícios a serem valorados, deve-se contabilizá-los de uma forma que possam ser comparados, visto que, normalmente, os custos ocorrem em períodos curtos e os benefícios ao longo do tempo. Para que isso ocorra, tem-se que trazer ambos a valor presente, utilizando uma taxa de desconto adequada⁷ para a região e o período que está sendo analisado.

Para que possa haver uma valoração coerente, uma análise custo-benefício envolve discussões de profissionais de diversas áreas. O problema surge quando os bens e serviços envolvidos num projeto específico não são transacionados no mercado, como, por exemplo, o caso dos bens e serviços ambientais, tendo-se que utilizar medidas indiretas para fazer a valoração (Hyman, 1996).

O mesmo ocorre quando os bens têm valor de mercado, mas este não reflete o seu valor social, como é o caso de projetos em mercados monopolísticos. Nesta situação, os preços devem ser ajustados para eliminar as distorções e fazer com que reflitam seu verdadeiro benefício e custo social marginal.

Tanto num caso como em outro, a valoração requer que os pesquisadores envolvidos tomem algumas decisões arbitrárias de estimação.

Se utilizamos taxas de desconto positivas, estamos assumindo que uma unidade de determinada moeda no presente, assumirá um valor menor no futuro.

A fórmula utilizada para trazer tanto os custos como os benefícios para o valor presente é:

$$VP = \frac{X}{(1+r)^n}$$

Onde,

⁷ Discussão no próximo item.

VP = valor presente

X = valor dos custos ou benefícios no futuro

r = taxa social de desconto

n = número de anos

Se o valor dos benefícios ou dos custos ocorrer ao longo dos anos, a fórmula a ser utilizada é:

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(1+r)^i}$$

Onde,

VP = valor presente

X_i = valor líquido dos custos ou benefícios que ocorrem a cada ano

i = tempo em anos, que varia de 1 até n

Se tivermos um projeto que, por exemplo, dure quatro anos, teremos:

$$VP = \frac{X_1}{(1+r)^1} + \frac{X_2}{(1+r)^2} + \frac{X_3}{(1+r)^3} + \frac{X_4}{(1+r)^4}$$

A Escolha da Taxa de Desconto

Quanto maior a taxa de desconto utilizada, menor será o valor presente. A escolha da taxa de desconto interfere no *ranking* dos projetos, portanto, a sua escolha correta é tão importante quanto a mensuração dos custos e benefícios.

De acordo com a tabela 1, pode-se verificar que uma taxa de desconto baixa tende à aprovação dos projetos com retorno maior, mas com este benefício ocorrendo no longo prazo.

O projeto 1 tem um retorno imediato de 90, o projeto 2 gerará um benefício de 100, só que este ocorrerá ao longo de dois anos. Podemos verificar, que com taxas de desconto baixas (0 e 5%), o projeto que tende a ser aprovado é o 2, porque mesmo que o benefício não seja imediato, trazido a valor presente será maior do que 90 (100 à taxa de desconto de 0% e 90,7 à taxa de desconto de 5%). Já com uma taxa de desconto maior (10%), o projeto 1 se torna mais rentável.

TABELA 1 - Taxa de desconto e escolha de projetos

Taxa de desconto (em %)	Valor presente do projeto 1 (em \$)	Valor presente do projeto 2 (em \$)
0	90	$\frac{100}{(1+0)^2} = 100,0$
5	90	$\frac{100}{(1+0,05)^2} = 90,7$
10	90	$\frac{100}{(1+0,10)^2} = 82,6$

Fonte: Hyman, 1996.

Uma taxa social de desconto adequada deve refletir o retorno que poderia ser ganho caso os recursos tivessem sido utilizados em alternativas de uso privado, lembrando-se que devem ser descontadas as distorções do mercado (impostos, taxas, etc). Por exemplo, se a taxa de juros de mercado é de 10% ao ano, mas são cobrados 20% de impostos sobre este valor, então o retorno líquido do capital não será de 10%, mas sim de 8% ao ano.

Devido à correção destas distorções, muitas vezes utilizam-se taxas sociais de desconto menores do que as taxas de juros de mercado. Em países com inflação alta deve-se considerar também este fator para trazer os valores futuros a valores presentes.

Alguns autores levam em consideração também os riscos do projeto, para se chegar a uma taxa de desconto que estes consideram apropriada (Hyman, 1996; Contador, 1997; Boardman *et alii*, 1996; Johansson, 1993; Dinwiddy & Teal, 1996). Mesmo considerando-se todos esses fatores e tomando os devidos cuidados no cálculo dos custos e dos benefícios, trazê-los a valor presente, principalmente no caso de projetos de longa duração, pode fazer com que a análise custo-benefício seja feita de forma inadequada, porque com a velocidade das mudanças que ocorrem nos dias de hoje, fica muito difícil prever exatamente o que acontecerá na economia em períodos longos.

Normalmente, a análise custo-benefício é uma ferramenta utilizada para escolher os projetos mais eficientes, mas alguns trabalhos tentam considerar efeitos do projeto na distribuição de renda. Hyman (1996) cita que esta técnica visa desagregar benefícios e custos de acordo com a classe de renda dos favorecidos com o projeto, considerando pesos maiores para os custos e benefícios que incidem sobre a população de classe de renda mais baixa.

Em relação à essa questão, Drèze (1998) afirma que quando não são usados pesos distributivos na avaliação de projetos, a análise custo-benefício pode ser sensível em relação à escolha do tipo de numerário. O autor coloca o exemplo de um projeto que deve ser realizado para diminuir a poluição. A escolha deve ser feita entre duas cidades: uma pequena, com residentes ricos e outra grande, com residentes pobres.

✦ Se for feita uma valoração contingente⁸ com disposição a pagar (DAP), a cidade escolhida será a pequena, uma vez que em termos agregados, o valor a ser pago pelo projeto será maior, já que, para Drèze, a disposição a pagar varia de acordo com a renda. Se for feita uma valoração monetária, o valor por unidade de poluição reduzida será o mesmo para todos os indivíduos, portanto, a cidade escolhida será a maior. Para o autor, usando dinheiro como numerário sempre estará se favorecendo um grupo de pessoas específico.

Outros autores discordam de Drèze. Brekke (1998) diz que apenas uma pequena parcela da disposição a pagar é explicada pelas variações na renda.

⁸ Valoração feita através de questionários. Maiores informações vide capítulo 4.

Johansson (1998) acha que apesar dos problemas envolvidos na análise custo-benefício, tem-se como contorná-los, visto que, a escolha tem que ser feita e para ele, uma análise apurada de como os benefícios e os custos serão distribuídos entre a população, auxilia a pessoa que tomará a decisão.

Para que os projetos sejam analisados de uma forma mais adequada, tem-se feito o que se chama de análise de sensibilidade, que significa valorar cada projeto à várias taxas de desconto (Prest & Turvey, 1965; Contador, 1997).

De acordo com Contador (1997, p. 213), “a experiência acumulada pelos praticantes da análise de sensibilidade sugere que este método funciona satisfatoriamente quando são poucos os parâmetros sujeitos a amplas flutuações, por exemplo, até três ou quatro parâmetros. Porém, a análise de sensibilidade torna-se das mais complexas e quase intratável quando as flutuações afligem um número maior de parâmetros e, principalmente, quando as flutuações não são independentes entre si...”.

Contador (1997) afirma ainda, que a ocorrência deste fato é mais uma norma do que exceção e, para resolver a questão, a solução mais simples é usar uma taxa de desconto mais elevada, para trazer os benefícios líquidos de um projeto, que envolve uma incerteza maior, a valor presente.

Ranking dos Projetos

Os melhores projetos são aqueles que têm maiores benefícios líquidos, isto é, têm o maior saldo quando descontam-se os custos (C) dos benefícios (B), ou os que têm a maior relação benefício (B)/custo (C) ou a menor relação custo (C)/benefício (B). A seguir apresentam-se os três critérios:

$$\text{Benefício líquido} = B - C = \sum_{i=1}^n (B_i - C_i) / (1+r)^i$$

$$\text{Relação benefício-custo} = B/C = \frac{\sum_{i=1}^n B_i / (1+r)^i}{\sum_{i=1}^n C_i (1+r)^i}$$

$$\text{Relação custo-benefício} = C/B = \frac{\sum_{i=1}^n C_i (1+r)^i}{\sum_{i=1}^n B_i / (1+r)^i}$$

Onde,

B_i = benefícios no período i

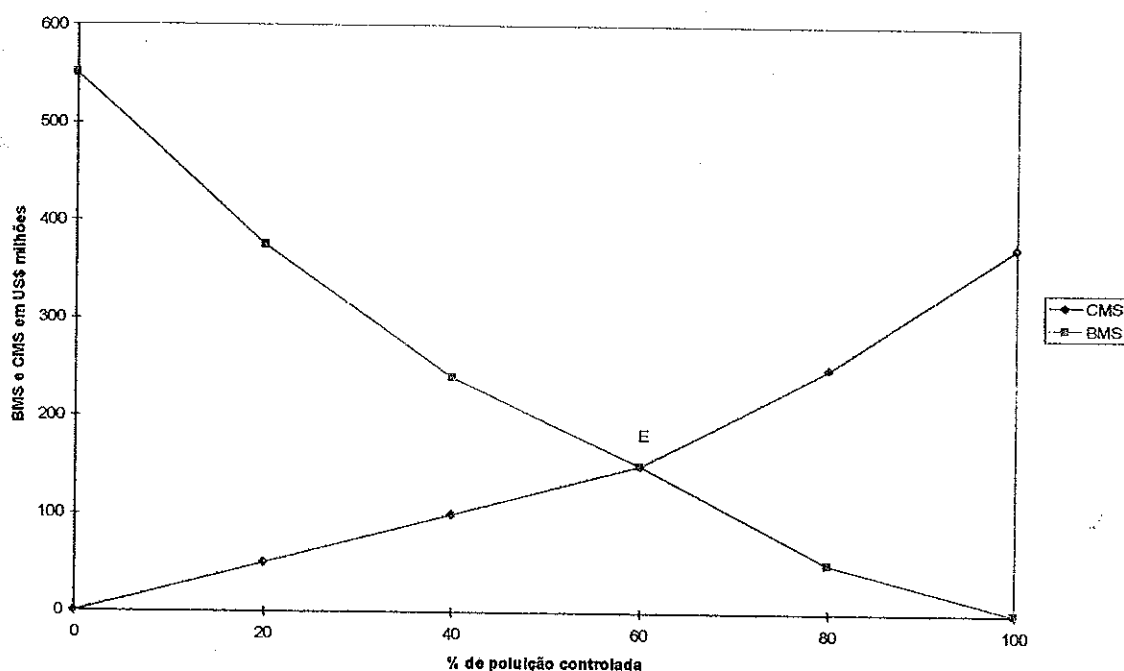
C_i = custos no período i

r = taxa de desconto

i = período de vida do projeto, que varia de 1 ano a n .

A análise custo-benefício evita que projetos ineficientes sejam aprovados. Para exemplificar essa questão, analisaremos o caso fictício de um rio poluído. Essa poluição gera custos de não-controle, como gastos com tratamento de doenças, compra de água potável, etc, que são os chamados benefícios marginais sociais (BMS). Em contrapartida, para que a poluição seja controlada, tem-se que efetuar gastos comprando equipamentos para tratamento de resíduos, mudando processos produtivos, etc. Estes são os custos marginais sociais (CMS) e o gráfico 1 ilustra essa situação.

Gráfico 1 - Análise custo -benefício e eficiência



BMS = benefício marginal social

CMS = custo marginal social

E = ponto de equilíbrio entre o BMS e o CMS

No eixo x do gráfico tem-se a porcentagem de poluição controlada e no eixo y os benefícios e custos marginais sociais. Se forem instalados equipamentos que permitam controlar a poluição em 20%, teremos um custo marginal social menor que o benefício, isto significa que existe um ganho social líquido. Porém, ainda não se chegou ao ponto ótimo de controle (ponto E), onde os benefícios marginais sociais são iguais aos custos marginais sociais ($BMS = CMS$), portanto, novos projetos poderão ser implementados para aumentar o controle da poluição.

Neste exemplo, o ponto ótimo ocorre quando o controle da poluição atinge 60%, lembrando que este é um exemplo fictício e que, dependendo do caso analisado, este ponto pode ocorrer abaixo ou acima dessa porcentagem de controle.

Se a diminuição da poluição ocorrer à níveis acima do ponto ótimo (ponto $E = 60\%$ de controle), teremos custos marginais sociais mais elevados do que os benefícios referentes à essa quantidade de poluição controlada, assim, se fizermos uma análise custo-benefício, teremos como resultado um valor maior que 1 (Contador, 1997; Hyman, 1996; Banco Mundial, 1992; Field, 1995).

Com isso, mostramos que a análise custo-benefício ou benefício-custo está diretamente relacionada com as curvas de custo e benefício marginal social. Para que um projeto seja considerado eficiente, os benefícios (BMS) devem ser maiores que os custos (CMS).

Nem sempre é possível mensurar eficientemente todos os benefícios e custos envolvidos, porque como já foi dito anteriormente, muitos dos benefícios não têm preços definidos pelo mercado, tendo-se que mensurá-los indiretamente. Além disso, dependendo da taxa de desconto utilizada, um projeto que poderia ser considerado viável acaba não sendo.

A análise de sensibilidade ⁹, como também já foi citado no item 1.2.1.3, auxilia a visualizar melhor os diversos cenários possíveis, colaborando para o processo de decisão de aceitação ou não de um projeto.

Em relação à questão da mensuração correta dos benefícios e custos, para alguns projetos, esta se torna praticamente impossível. Não basta uma análise quantitativa para definir a escolha, muitas vezes tem-se que contar também com uma análise qualitativa para complementá-la.

Quando analisamos questões envolvendo bens e serviços ambientais, a complexidade das relações do sistema e a falta de dados torna a análise qualitativa imprescindível.

O intuito deste capítulo foi mostrar resumidamente o que é a análise custo-benefício para localizar a valoração ambiental dentro da teoria econômica.

Dentre todos os problemas que afligem o meio ambiente, o escolhido para objeto de estudo neste trabalho é o da poluição do ar. Para tanto, o próximo capítulo tentará colocar a definição dessa questão e suas implicações e o capítulo 3 caracterizará a situação da cidade de São Paulo em relação ao problema.

⁹ O uso de mais de uma taxa de desconto.

O capítulo 4 voltará a tratar da questão da análise custo-benefício, só que aplicada aos problemas ambientais. Serão descritas as técnicas específicas de mensuração dos benefícios e custos ambientais, que na literatura de economia do meio ambiente recebem a denominação de técnicas de valoração ambiental.

CAPÍTULO II

A POLUIÇÃO DO AR: AGENTES E CAUSAS

A poluição do ar atinge principalmente os grandes centros urbanos. O agravamento deste problema na região da Grande São Paulo, nos últimos tempos, tem reativado a discussão sobre o assunto.

Segundo uma pesquisa intitulada "Problemas Ambientais: Percepções, Práticas e Atitudes dos Moradores de São Paulo", divulgada pelo Centro de Estudos da Cultura Contemporânea (CEDEC) no início de 1995, o problema que mais aflige a população da região é a qualidade do ar (Falcão, 1995).

A pesquisa foi feita com mil donas de casa de trinta bairros e de várias faixas de renda. Foram aplicados dois tipos de questionários: a) um mais específico sobre o meio ambiente, onde 63,2% das respostas apontavam a poluição do ar como o problema que mais preocupava as donas de casa de todas as classes sociais, pois, segundo elas, a poeira e a fumaça dos automóveis são responsáveis por doenças respiratórias, casa sujas e roupas manchadas e b) o outro questionário era mais amplo e incluía questões como moradia, criminalidade, etc. Neste caso, as respostas variaram de acordo com as condições de renda de cada entrevistada, mas no geral a qualidade do ar foi apontada como a grande vilã para as donas de casa, atingindo toda a cidade, dos bairros mais pobres aos mais ricos (Falcão, 1995).

No questionário de valoração contingente feito para este trabalho¹⁰, foi incluída uma questão em que os entrevistados tinham que citar quatro problemas

¹⁰ Mais informações teóricas sobre o assunto no capítulo 4 e sobre o resultado da aplicação dos questionários no capítulo 6.

ambientais que eles consideravam mais importantes a serem resolvidos na cidade de São Paulo. Eles deveriam ser colocados em ordem de prioridade. O trabalho foi realizado em novembro de 1999 e dos 142 questionários respondidos de forma completa, 62% apontavam a poluição do ar como o principal problema a ser resolvido. Coincidentemente ou não, os resultados se mostraram muito próximos dos obtidos com a pesquisa do CEDEC realizada quatro anos antes. Além disso, foi possível constatar que as mulheres têm uma preocupação maior em relação à poluição atmosférica: dos entrevistados, 58% dos homens colocaram a questão da poluição do ar como o principal problema ambiental a ser resolvido e 67% das mulheres apontaram a mesma resposta.

O interessante é que a pesquisa do CEDEC e a realizada para este trabalho visavam públicos-alvo diferentes. Enquanto na pesquisa do CEDEC foram entrevistadas donas de casa, o outro questionário foi respondido por estudantes universitários do curso de Economia. Talvez o resultado obtido neste último tenha sido influenciado pelas perguntas apresentadas inicialmente, já que o questionário visava mensurar a disposição a pagar dos indivíduos para minorar o problema da poluição do ar na cidade de São Paulo e as questões foram elaboradas com o intuito de mostrar para os entrevistados quais eram os efeitos possíveis da poluição do ar.

Mesmo assim, parece unânime a questão de que a poluição do ar causa danos para a população e precisa ser combatida, mas para que isso possa ser feito, precisa-se conhecer melhor os aspectos técnicos que envolvem esses problemas, suas causas e conseqüências. Só assim poderemos decidir quais as melhores políticas a serem adotadas para sanar ou ao menos amenizar esses danos.

Nos itens a seguir, enumeraremos os fatores determinantes para o agravamento ou não do problema da qualidade do ar, quais são os principais poluentes, suas fontes e seus respectivos danos.

2.1. ASPECTOS TÉCNICOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A terra é coberta por uma camada de ar de aproximadamente 800 Km de espessura, sendo que mais de 99% de todo o ar se concentra numa faixa de 40 Km da crosta terrestre, os 760 Km restantes são formados por uma atmosfera bastante rarefeita (Galvão Filho, 1990).

Segundo Honkis (1977), acredita-se que a composição atual da atmosfera (78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de gases raros e partículas de poeira) tenha se originado a cerca de um bilhão de anos. Antes disso, a composição da atmosfera terrestre se assemelhava à de outros planetas do sistema solar, contendo hidrogênio, metano, hélio e vapor d'água. De acordo com alguns pesquisadores, teria sido essa combinação de substâncias que teria propiciado o aparecimento das primeiras moléculas vivas na Terra. Como podemos verificar, a composição da atmosfera terrestre foi se modificando ao longo do tempo.

Se a constituição atmosférica mudou naturalmente com o passar dos anos, como podemos caracterizar uma mudança de substâncias como um mecanismo não natural, ou melhor, como podemos definir o que é poluição do ar? No decorrer da evolução biológica, houve o aparecimento do homem e com este a necessidade de definir o que é ar poluído.

Nos dias de hoje, define-se poluição do ar "como a presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem-estar do homem, ou no pleno gozo de sua propriedade" (Derísio, 1992, p. 110).

Esta não é a única definição encontrada na bibliografia, outros autores definem poluição atmosférica, levando em conta não só o homem, mas também os outros seres vivos. Galvão Filho (1990, p. 35-36) coloca que "...a poluição do ar pode ser definida como a presença de um ou mais contaminantes na natureza, em quantidades que podem causar dano ao homem, animais, plantas ou propriedades, ou interferir negativamente no bem-estar das pessoas, na vida das plantas e animais, no meio físico ou na propriedade."

A poluição pode ser considerada natural, quando provocada por agentes orgânicos (pólenes, esporos, restos de animais e vegetais), minerais (vapores de vulcões e gêiseres, lavas de erupções vulcânicas e poeiras levantadas por ventos no deserto ou em outras regiões) ou biológicos (bactérias, vírus e outros microorganismos expelidos por secreções de seres vivos). Normalmente, os poluentes naturais são lançados no ar em concentrações e velocidades relativamente baixas, causando sua absorção ou dispersão na atmosfera, ou permitindo a adaptação dos seres vivos em relação a eles (Honkiss, 1977; Pinto Coelho, 1977).

Existem exemplos clássicos, como o da presença de certo teor de ácido iodídrico no suco gástrico de pessoas com atividades marítimas. Este ácido se forma no estômago dos marinheiros, junto com o ácido clorídrico produzido no estômago de todos os indivíduos. Sua presença está associada à grande concentração de iodo existente no ar de regiões marinhas e não existem evidências científicas de algum dano causado pela presença deste ácido no suco gástrico de seres humanos ou de animais (Pinto Coelho, 1977).

Somente no caso de grandes erupções vulcânicas, como foi o da explosão do vulcão Krakatoa, em 1883, na então Índia Oriental Holandesa, que poluentes naturais atingem extensas áreas, dificultando sua dispersão e afetando as pessoas da região (Honkiss, 1977).

A poluição causada pelas atividades do homem é chamada de artificial e pode ser provocada por vapores expelidos pela indústria, queima de combustíveis fósseis, de lixo ou de vegetação. A poluição artificial deve ter existido desde os primórdios do aparecimento do homem, quando este derretia o cobre, estanho e outros minérios para fabricar suas primeiras armas e utensílios, quando queimava grande áreas de vegetação natural para realizar o plantio ou mesmo quando se utilizava de processos químicos para embalsamar corpos, como ocorria no antigo Egito. Estes focos de poluição eram isolados e a quantidade de pessoas existentes era bem menor, portanto, havia uma capacidade de absorção e dispersão maior dessas substâncias no meio (Honkiss, 1977).

O advento da Revolução Industrial e o crescimento populacional fez com que a situação se agravasse ao longo dos anos. Nos dias de hoje, as atividades humanas indiscriminadas, principalmente em aglomerados urbanos, têm produzido um excesso de resíduos que são descartados para a atmosfera, causando sérios problemas de poluição do ar.

De acordo com Orsini & Andrade (1997), para que o ar da baixa troposfera (camada da atmosfera que afeta diretamente o homem) seja considerado limpo, tem que ter a composição de gases estipulada na tabela 2, a seguir:

TABELA 2 - Gases que compõem a baixa troposfera (limpa)

Gás	Concentração média (ppm) aproximada	Tempo de residência
Ar	0,934	---
Ne	18	---
Kr	1,1	---
Xe	0,09	---
N ₂	780.840	106 anos
O ₂	209.460	10 anos
H ₂ O	variável	até 30 anos
CH ₄	1,65	7 anos
CO ₂	332	15 anos
CO	0,05 - 0,2	65 dias
H ₂	0,58	10 anos
N ₂ O	0,33	10 anos
SO ₂	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	40 dias

Fonte: Adaptada de Orsini & Andrade, 1997.

Segundo os mesmos autores (Orsini & Andrade, 1997), uma atmosfera limpa também é composta por aerossóis atmosféricos, isto é, partículas sólidas ou

líquidas, com diferentes composições químicas, formas e tamanhos, na maioria das vezes chamadas de matéria particulada. Essas partículas se misturam aos gases especificados na tabela 2 e são importantes, porque atuam como memorizadoras dos processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera, auxiliando no controle da poluição do ar.

O grau de poluição do ar não depende somente da quantidade de substâncias expelidas na atmosfera, visto que, é influenciada diretamente pelas condições físicas e meteorológicas do local em questão como, por exemplo, topografia, condições do tempo, velocidade e direção do vento, luz solar, precipitação, nuvens, neblina, umidade relativa, temperatura, etc.

Num mesmo local e com a mesma emissão de poluentes, num dia o ar pode estar mais poluído do que em outro. A existência de ventos ou chuva pode colaborar na dispersão dos poluentes, já ventos fracos podem fazer com que os resíduos se acumulem na atmosfera.

De acordo com Galvão Filho (1990, p. 37), "os poluentes aumentam quando ocorre uma inversão térmica. Normalmente, a temperatura do ar decresce com o aumento da altitude. Entretanto, durante uma inversão térmica, a temperatura do ar aumenta com a altitude. Os poluentes emitidos em condições normais são mais quentes e menos densos que o ar de sua volta. Como resultado, eles sobem e são dispersados. Em uma situação de inversão, os poluentes sobem somente até o ponto em que encontrem um ar mais quente do que eles. Quando essa camada de ar quente está a baixa altitude, os poluentes se concentram próximo do nível do solo, porque não podem penetrar na camada de ar quente.". Esta concentração de poluentes a baixas altitudes, durante um longo período de tempo, acaba causando danos para a população e o meio ambiente ao redor.

Ainda segundo o mesmo autor (Galvão Filho, 1990), existe um outro tipo de inversão térmica, mais fácil de ser visualizada, chamada de inversão noturna. Este fenômeno tem origem durante à noite, quando o solo perde calor mais rapidamente que o ar. Como o solo torna-se mais frio que o ar acima dele, acaba também o resfriando, causando orvalho, geadas ou neblina. Nessas ocasiões, a fumaça expelida pelas chaminés ou escapamentos de veículos tem dificuldades

para se dispersar, mas quando aparece o sol, aquecendo a Terra, o calor acaba destruindo esse tipo de inversão térmica e os poluentes se dissipam.

Às vezes, com os ventos, alguns poluentes são capazes de percorrer centenas de quilômetros, causando danos não na região em que foram produzidos, mas em regiões vizinhas.

Os danos causados pelos poluentes atmosféricos podem afetar tanto a saúde, como os materiais, a vegetação e o clima. A seguir serão descritos alguns desses danos com maiores detalhes:

a) Saúde

Alguns estudos demonstram que a poluição é um fator causador de doenças crônicas do aparelho respiratório como: bronquite, enfizema, asma, câncer do pulmão. Ainda pode causar ardor e lacrimejamento dos olhos, visão embaçada, tontura, dores de cabeça, irritação da garganta, espirros alérgicos, tosse e diminuição do desempenho corporal (Derísio, 1992; Galvão Filho, 1990).

É importante lembrar, que os sintomas variam conforme a substância, o tempo de exposição e a concentração. De acordo com Corson (1993, p. 221), “em virtude do corpo humano ser tão eficiente na troca de gases e partículas finas entre o ar e a corrente sanguínea, os poluentes nocivos do ar podem facilmente entrar no corpo humano. Um período de curta exposição a poluentes do ar de alto nível de toxicidade, ou longa exposição aos de baixo nível, pode causar efeitos adversos à saúde, incluindo dificuldades respiratórias, aumento da susceptibilidade à infecções respiratórias, desenvolvimento de doenças crônicas do pulmão, defeitos congênitos e câncer. Os indivíduos mais expostos aos riscos da poluição do ar são os fetos e crianças, os mais velhos e aqueles com problemas respiratórios.”. Estimativas do Banco Mundial revelam que os danos causados à saúde, pela exposição à poluição, dos residentes em grandes centros urbanos, são da ordem de US\$ 32 bilhões anuais, o equivalente a US\$ 129 por cada habitante exposto (Pinotti, 1998).

A seguir, apresenta-se as características, fontes e os principais efeitos sobre a saúde causados por alguns poluentes:

PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)

São constituídas por partículas de material sólido ou líquido, que ficam em suspensão no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, etc. São também chamados de particulados grosseiros e, normalmente, têm uma faixa de tamanho que varia de 100 a 10 micra (uma micra é dez mil vezes menor do que um centímetro).

Às vezes, o termo particulados pode causar confusão, porque ao contrário dos outros poluentes, que têm somente uma composição química, algumas dessas partículas podem conter inúmeras substâncias como metais, sulfatos, etc. Além disso, alguns dos outros poluentes como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, quando expelidos, são em parte transformados em particulados.

Suas fontes principais são os processos industriais, suspensão de poeiras do solo, veículos motorizados (exaustão), queima de biomassa, processos de moagem, pólen e brisa marinha.

Os seus efeitos variam de acordo com o tamanho das partículas, quanto menores estas forem, piores serão os danos para a saúde. Causam elevação da frequência e gravidade das doenças do trato respiratório e aumento da mortalidade devido a doenças respiratórias e cardíacas. No passado, os particulados causaram sérios problemas de saúde para alguns grupos de trabalhadores americanos.

Grandes concentrações de pó de sílica podem causar silicose em mineiros. Trabalhadores do setor têxtil sofrem de uma doença que deixa os pulmões marrons, causada pela inalação de pó de algodão. Existe ainda o caso dos trabalhadores que lidam com o amianto, que podem sofrer contaminações ou desenvolver até câncer de pulmão. Nos dias de hoje, os grandes particulados foram praticamente banidos do ambiente de trabalho nos EUA (CETESB, 1999; Kucinski, 1982; Galvão Filho, 1990; Hill, 1997).

PARTÍCULAS INALÁVEIS (MP10) E FUMAÇA

Da mesma forma que as partículas totais em suspensão, as partículas inaláveis e a fumaça são constituídas de moléculas de material sólido ou líquido, que ficam suspensas na atmosfera, na forma de poeira, fumaça, neblina, etc. Neste caso, da mesma forma que nos particulados totais, é possível que as partículas tenham diversas composições químicas diferentes. O que varia é o tamanho destas, que são menores do que 10 micra ($< 10 \mu\text{g}$). São leves em peso e podem permanecer vários dias na atmosfera.

Estas substâncias também são chamadas de particulados finos e se formam através de processos de combustão industrial e de veículos automotores ou por aerossol secundário (formado na atmosfera). Quando o processo de combustão é eficiente, todo o material orgânico presente é transformado em dióxido de carbono e água, somente uma pequena parte de material particulado é produzido, mas em processos de combustão menos eficientes, gera-se uma grande quantidade de fumaça e partículas inaláveis.

Os particulados finos são mais importantes que os grosseiros, porque podem ser inalados pelo homem e por animais e entrar nos pulmões. Quando isso ocorre, são difíceis de ser expelidos.

As pessoas que têm problemas respiratórios e respiram pela boca, são prejudicadas pelas partículas que medem de 2,5 a 10 micra, já as que respiram normalmente pelo nariz não sofrem danos, porque esses particulados são bloqueados na passagem nasal. As partículas maiores como as de sujeira ou pólen acabam fazendo com que os indivíduos tenham tosse ou espirrem. Algumas partículas de sulfato, fuligem e poeira podem atingir tamanhos menores do que 0,01 micra.

Quando as partículas atingem os alvéolos pulmonares, causam problemas maiores, porque podem irritar diretamente a região ou serem absorvidas para a corrente sanguínea e causar efeitos adversos para todo o organismo.

A presença de grandes quantidades de fumaça e partículas inaláveis está associada ao aumento dos atendimentos hospitalares e mortes prematuras, afetando principalmente os indivíduos mais idosos, as crianças mais novas e as pessoas que sofrem de asma, bronquite e enfisema (CETESB, 1999; Kucinski, 1982; Galvão Filho, 1990; Hill, 1997).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

É um gás sem cor e inodoro, gerado pela combustão incompleta de materiais orgânicos, principalmente combustíveis fósseis. Portanto, sua fonte principal é composta pelos veículos automotores, mas também pode ser gerado em queimadas e processos industriais.

Torna-se importante não confundir o monóxido de carbono (CO), que é gerado pela combustão incompleta e pode ser altamente tóxico, com o dióxido de carbono (CO₂), que é o resultado de uma oxidação eficiente. Quando todo o carbono é completamente oxidado, gera-se CO₂ e o CO acaba não sendo produzido, deixando de causar danos para a saúde e para outros fatores.

O grande problema do monóxido de carbono é que, quando absorvido pelos pulmões, reage com a hemoglobina, formando a carboxihemoglobina (COHb). Como o monóxido de carbono tem cerca de duzentas vezes mais afinidade com o ferro da hemoglobina do que o oxigênio, esse gás reduz a capacidade do sangue de formar oxihemoglobina (O₂Hb), reduzindo, portanto, a oxigenação do organismo. Em pessoas mais sensíveis, este efeito pode causar ataques cardíacos, enfraquecimento da visão, agravamento de doenças respiratórias e dependendo da concentração e do tempo de exposição, prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, confusão mental, problemas no aprendizado, no trabalho e visuais, vômitos, dores e até a morte (CETESB, 1999; Kucinski, 1982; Galvão Filho, 1990; Hill, 1997; Pinto Coelho, 1977; Corson, 1993).

Estudos demonstram que cerca de 20% das doses absorvidas de monóxido de carbono encontra-se fora do sistema vascular, podendo interferir no transporte

das proteínas até os músculos. A quantidade de monóxido de carbono absorvida pelo organismo vai variar em função da concentração, duração da exposição e ventilação do local.

De acordo com Pinto Coelho (1997, p. 162), “animais submetidos por longo tempo a altas concentrações (58mg/m^3 ou 50 ppm) podem sofrer (após seis semanas) alterações estruturais no cérebro e no coração. A concentração normal de COHb em não-fumantes é da ordem de 0,5 % e é atribuída a fontes endógenas. Uma importante fonte de CO é o fumo de cigarros, daí porque o valor médio de COHb no sangue de fumante é de 5%...”.

Ainda segundo informações do mesmo autor (Pinto Coelho, 1977), os danos causados aos seres humanos pelos diferentes níveis de COHb são:

- abaixo de 1% é chamado de nível metabólico e não foi evidenciado nenhum efeito;
- acima de 2% há problemas na capacidade de discriminação de intervalos de tempo. Uma pessoa não-fumante exposta por 90 minutos a uma concentração de CO de 58mg/m^3 ou 50 ppm, produz níveis de COHB da ordem de 2,5%;
- para níveis de 3%, nos não-fumantes, há maior sensibilidade a clarões e problemas na acuidade visual;
- a 5% de COHb ocorre bloqueio de várias ações psicomotoras e
- acima de 5% acontece elevação do débito cardíaco, da diferença entre a pressão arterial e a venosa, do fluxo sanguíneo das coronárias em indivíduos sem comprometimento coronariano, há queda na pressão sanguínea de indivíduos com deficiência das coronárias e bloqueio do metabolismo oxidativo do miocárdio.

Por causa desses efeitos, quando ocorrem grandes concentrações de monóxido de carbono na atmosfera, há um aumento das internações de pessoas cardíacas e também uma elevação do número de mortes.

Existem evidências de que uma exposição prolongada à concentrações altas de monóxido de carbono, eleva a deposição de lipídeos nos vasos sanguíneos. Portanto, a presença de grandes quantidades de monóxido de carbono na atmosfera pode estar associada ao aumento da ocorrência de casos de arterioesclerose (Pinto Coelho, 1977).

ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO_x)

Existem inúmeros gases que compõem os óxidos de nitrogênio, cada um deles é constituído por diversas combinações entre oxigênio e nitrogênio. O NO_x pode ser formado naturalmente, através da ação da luminosidade e da decomposição da matéria orgânica. O óxido nítrico (NO) pode ser rapidamente convertido em dióxido de nitrogênio (NO_2) ou vice-versa. Este último, é um gás marrom avermelhado, com odor forte e extremamente irritante. Transformações químicas podem levá-lo a se converter em ácido nítrico, nitratos (que contribui para o aumento da quantidade de partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.

As emissões de NO_x estão associadas a processos de combustão de veículos automotores, atividades industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás e incinerações. Óxidos de nitrogênio são emitidos em larga escala por bactérias do solo, após a adição a este de fertilizantes nitrogenados. O aumento da temperatura na queima de combustíveis fósseis eleva a eficiência da combustão e diminui a emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, mas a alta temperatura acaba promovendo a reação do nitrogênio e oxigênio atmosféricos, aumentando os níveis dos óxidos de nitrogênio.

A exposição direta a altas concentrações dos óxidos nítricos pode causar irritações nos olhos e nos pulmões, diminuição da resistência dos organismos à infecções respiratórias, aumento da sensibilidade à asma, problemas cardíacos,

broncopneumonia, fibrose crônica, enfisema pulmonar, ulcerações e irritações da pele e dependendo da concentração pode ser letal (CETESB, 1999; Kucinski, 1982; Galvão Filho, 1990; Corson, 1993; Hill, 1997).

DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2)

As atividades humanas e da natureza, em todo o planeta, produzem este gás corrosivo. Suas fontes são vulcões, decomposição de matéria orgânica, vaporização do mar, combustão de derivados do petróleo, queima de carvão contendo enxofre e fundição de minérios não-ferrosos (Corson, 1993).

Se caracteriza como um gás incolor, de odor forte, muito parecido com o da queima de palitos de fósforo. O dióxido de enxofre pode se transformar em SO_3 , que na presença de vapor d'água passa rapidamente a H_2SO_4 (ácido sulfúrico). Também é precursor dos sulfatos e um dos principais constituintes das partículas inaláveis.

A exposição a altas concentrações de dióxido de enxofre pode agravar a situação de doenças cardíacas e respiratórias já existentes. O gás (SO_2) reage com os olhos, pulmões e outras áreas do organismo constituídas por membranas mucosas, formando ácido sulfúrico. Essa reação faz com que haja irritação dos olhos, destruição da mucosa nasal e da faringe, podendo provocar inclusive perda de olfato. As pessoas mais atingidas são os idosos e pode até causar a morte, dependendo da concentração e do tempo de exposição (CETESB, 1999; Hill, 1997; Galvão Filho, 1990; Kucinski, 1992; Corson, 1993).

OZÔNIO (O_3)

É um gás incolor, com cheiro de "ar fresco" (percebido durante trovoadas e em locais que contêm diversas máquinas de xerox trabalhando) e cada uma de suas moléculas é formada por três átomos de oxigênio, enquanto o oxigênio que respiramos é constituído por duas moléculas. É o principal componente da névoa química. Esta substância não é formada diretamente pela atividade humana, mas

sim pela reação de hidrocarbonetos voláteis com óxidos de nitrogênio e oxigênio, na presença de luz solar. Portanto, é um poluente que alcança seus maiores picos de incidência no período de verão, mas pode haver uma variação em sua concentração ao longo do ano, devido à ação dos ventos, que dispersam o gás de uma região para outra.

O ozônio, em áreas próximas ao solo, representa riscos à saúde humana, causando irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar, dores no peito, tosse muito forte e chiado na respiração, podendo também diminuir a resistência do organismo à infecções. As pessoas mais susceptíveis aos seus efeitos são as que fazem exercícios físicos, assim como as que têm asma ou bronquite. A exposição crônica ao ozônio pode danificar os pulmões de forma permanente. Existem evidências de que aumentam as internações hospitalares, principalmente de asmáticos, quando o ozônio está presente em camadas baixas da atmosfera, alcançando altas concentrações (CETESB, 1999; Galvão Filho, 1990; Kucinski, 1982; Hill, 1997, Corson, 1993; Cerqueira, 1999).

HIDROCARBONETOS (HC)

São também chamados de compostos orgânicos voláteis e são constituídos de hidrogênio e carbono em diversas proporções. Têm longo período de vida, se agregam a sedimentos, ficam acumulados em tecidos orgânicos gordurosos e são difíceis de serem degradados.

Resultam principalmente da combustão incompleta da gasolina, óleo combustível e solvente e da decomposição e queima de matéria orgânica. Nas camadas da atmosfera próximas ao solo, os hidrocarbonetos se combinam a outros gases como os óxidos de nitrogênio (NO_x) e o oxigênio, na presença da luz solar, formando o ozônio (O_3), peroxiacetil (NPA) e outros oxidantes fotoquímicos.

Muitos hidrocarbonetos causam câncer, mutações, defeitos congênitos e quando depositados nos pulmões, como finas partículas, podem ser responsáveis

por doenças respiratórias. O benzeno é um exemplo de hidrocarboneto carcinogênico, presente em refinarias e empresas petroquímicas (Hill, 1997; Corson, 1993; Galvão Filho, 1990).

Pinto Coelho (1977) alerta para os efeitos conjugados das várias substâncias do ar. O autor afirma que já é difícil interpretar o comportamento de cada um dos poluentes isolados e que se torna quase impossível descrever seus efeitos em conjunto, principalmente se levarmos em conta a ação ativadora dos raios luminosos de sol, presença constante em nosso país. Mas uma coisa é certa, segundo o autor, ficou evidente nos estudos já realizados, que existe um efeito sinérgico causado pela presença de vários poluentes no ar e que estes danos podem exceder a soma dos efeitos causados por essas substâncias individualmente.

b) Materiais

Nestes bens, os danos podem se dar através de abrasão, deposição e remoção, ataque químico direto e indireto e corrosão eletroquímica. Existem alguns fatores que podem ser chamados de coadjuvantes à poluição nos efeitos sobre os materiais, dentre eles podemos destacar a umidade relativa, temperatura, luz solar, velocidade do ar e a posição do material no espaço (maiores detalhes na tabela 3). Em alguns casos, os fatores coadjuvantes são determinantes, da ocorrência ou não, de alguns efeitos da poluição atmosférica sobre os materiais. Por exemplo, se não houver umidade, praticamente não ocorrerá corrosão eletroquímica, mesmo que a atmosfera se apresente muito poluída. Ainda no caso de alguns metais, existe uma umidade atmosférica crítica, que se ultrapassada, produz um aumento abrupto na velocidade de corrosão (Derísio, 1992).

Segundo Galvão Filho (1990), os poluentes atmosféricos podem corroer e escurecer objetos metálicos, quebrar borracha, sujar roupas, móveis, prédios, automóveis, etc. Além disso, podem erodir construções e monumentos, descolorir materiais, enfraquecer o algodão, a lã, a fibra de seda e destruir o náilon. Gases considerados reativos como o ozônio e o dióxido de enxofre e ácidos como o

nítrico e o sulfúrico são os que mais danificam os tecidos, descolorem tingimentos, escurecem metais, enfraquecem a borracha e erodem prédios e monumentos.

TABELA 3 - Danos em materiais provocados pela poluição do ar

Tipo de Material	Manifestação Típica do Dano	Poluente Danificante	Fator Ambiental
Metais	Dano à superfície perda do metal embaçamento	Dióxido de enxofre e Substâncias ácidas	Umidade Temperatura
Vidros	Alteração da aparência	Subst. ácidas	Umidade
Materiais de Construção	Descoloração	Dióxido de enxofre e Substâncias ácidas	Umidade
Pintura	Descoloração	Dióxido de enxofre, Subst. ácidas e Partículas	Umidade Fungos
Couro	Desintegração da superfície Enfraquecimento	Dióxido de enxofre e Substâncias ácidas	
Papel	Torna-se quebradiço	Dióxido de enxofre e Subst. ácidas	Luz solar
Tecidos	Redução de resistência à tensão e Formação de manchas	Dióxido de enxofre e Substâncias ácidas	Umidade Luz solar Fungos
Corantes	Desbotamento	Dióxido de nitrogênio e de enxofre e oxidantes	Umidade Luz solar
Borracha	Redução de resistência e Enfraquecimento	Oxidantes	Luz solar

Fonte: Derísio, 1992.

c) Vegetação

As plantas podem ser afetadas pela poluição através da diminuição da penetração da luz (diminuindo a fotossíntese) e da penetração dos poluentes nas folhas (alterando o crescimento e a produção de vegetais). Cada poluente pode

afetar os vegetais de uma maneira diferente: o dióxido de enxofre tende a estragar a região das nervuras das folhas; o ozônio pode causar um bronzeamento prateado nas plantas e os fluoretos são altamente tóxicos para os vegetais, estragando primeiro a borda ou ponta da folha e depois, gradualemente, recobrimdo toda a superfície da planta (Derísio, 1992; Sewell, 1978).

Os efeitos na vegetação variam de acordo com o seu grau de sensibilidade, tanto é que algumas plantas são usadas como indicadores de poluição, porque demonstram um tipo diferente de dano para cada poluente específico.

De acordo com Galvão Filho (1990, p. 48-49), "...a extensão de danos varia segundo diversos fatores: as características dos poluentes (concentração, duração, propriedades físicas e químicas, etc); condições de solo (umidade, nutrientes, etc); e fatores biológicos (estágio de desenvolvimento, composição genética, insetos, doenças, etc)...".

Para o autor (Galvão Filho, 1990), os poluentes prejudicam a agricultura através da queda do valor de seus produtos, por causa da qualidade, da diminuição da quantidade produzida ou pelo aumento de custo causado pela necessidade de maior irrigação, utilização de fertilizantes, etc. Os poluentes podem prejudicar também a vegetação natural (por exemplo, as florestas) e as plantas ornamentais (jardins).

De todos os poluentes, o ozônio tem sido considerado o mais prejudicial à vegetação. As plantas e árvores são mais sensíveis à concentrações menores de ozônio do que o homem. Tem-se evidência de danos aos vegetais a partir de concentrações de 0,03 ppm (partes por milhão) de O_3 . Este poluente danifica o tecido das plantas, inibindo a fotossíntese e aumentando a susceptibilidade a doenças, secas e outras substâncias.

Nos anos 40, quando a cidade de Los Angeles, nos EUA, foi afetada por grandes concentrações de ozônio, foi observada a ocorrência de grandes danos na safra agrícola.

Corson (1993) apresenta algumas estatísticas do Programa Nacional para a Determinação de Perdas nas Plantações dos EUA. Segundo o autor, estima-se que altas concentrações de ozônio causem perdas às plantações de milho,

amendoim, trigo e soja, nos EUA, da ordem de US\$ 1,9 a US\$ 4,5 bilhões anualmente. Se houvesse uma redução da concentração dessa substância nas áreas rurais, de 0,050 para 0,025 ppm, aumentaria-se a safra desses produtos em torno de 6 a 30%.

O ozônio também afeta o crescimento das árvores, sendo considerado por alguns pesquisadores o poluente que mais causa danos às florestas americanas. Em áreas sujeitas ao ozônio e à chuva ácida, ou outros poluentes em conjunto, existe um efeito sinérgico sobre os danos causados à vegetação.

Pesquisas realizadas pela Faculdade de Medicina da USP, onde se utilizou amostras de plantas coletadas em regiões da cidade de São Paulo com tráfego intenso de veículos, apontaram que houve alterações no material genético (DNA) desses vegetais, causadas pela exposição a gases poluentes como o monóxido de carbono (Cerqueira, 1999).

d) Clima

Neste caso, a poluição do ar pode reduzir a visibilidade e alguns poluentes específicos podem ainda causar problemas como a chuva ácida, o efeito estufa ou aquecimento global e a destruição da camada de ozônio, questões globais e mais difíceis de serem solucionadas.

VISIBILIDADE

Alguns poluentes podem reduzir a visibilidade, causando atrasos em viagens de aviões ou aumentando o número de acidentes nas estradas, além disso, pode ser prejudicial a locais que sobrevivem às custas de paisagens turísticas.

Tanto as partículas totais em suspensão (PTS) como as partículas inaláveis (MP10) e a fumaça deterioram a visibilidade, a absorção e a dispersão da luz. Essas substâncias são responsáveis pelos nevoeiros em muitas áreas urbanas e, às vezes, produzem um céu avermelhado, visto no nascer do sol ou no final do dia.

A reação dos átomos de oxigênio com os do óxido nítrico (NO) para formar o dióxido de nitrogênio (NO₂) produz o *smog* fotoquímico, com uma cor amarronzada. Outro importante componente desse *smog* é o ozônio (O₃) (CETESB, 1999; Galvão Filho, 1990).

Sob certas condições e na presença da luz, o dióxido de enxofre, os hidrocarbonetos e o óxido de nitrogênio podem reagir, produzindo mais material particulado e formando uma névoa no local. Se houver vento, essa névoa de poluentes pode se deslocar para outras regiões com poucas fontes de poluentes e atingir a população e o meio.

Pode ocorrer, também, um aumento da neblina, pois, a presença de alguns particulados como os sulfatos e nitratos, atrai a água. As partículas finas funcionam como núcleos para a formação de nuvens de gotas, podendo aumentar as precipitações (Galvão Filho, 1990).

CHUVA ÁCIDA

O dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio, através de uma série de reações químicas que ocorrem na atmosfera, às vezes, são convertidos à ácidos e podem retornar à terra, causando uma deposição ácida, que pode ocorrer na forma de chuva (a mais comum), granizo, neve, neblina e partículas secas (CETESB, 1999; Galvão filho, 1990).

A acidez é medida em unidades de pH, que representa uma concentração de íons de hidrogênio carregados eletricamente em uma solução. O pH varia de 0, o mais ácido, a 14, o mais alcalino. A medida do pH é feita em escala logarítmica, portanto, uma mudança de uma unidade significa uma alteração de dez vezes na acidez. Assim sendo, uma solução com pH 3 é dez vezes mais ácida que outra de pH 4, e cem vezes mais ácida que uma de pH 5 (Corson, 1993).

A água destilada tem um pH 7, nível considerado neutro. A chuva de uma atmosfera limpa tem um pH que varia de 7 até 5,6. Diz-se que uma chuva é ácida quando se encontra um pH abaixo de 5,6. Quanto mais baixo o pH, mais poluída e mais corrosiva será a chuva.

Nos EUA e na Escandinávia, alguns lagos se tornaram tão ácidos que não abrigam mais vida aquática. Em 1987, a chuva ácida que caiu na Noruega tinha o mesmo grau de acidez do suco de limão, pH próximo de 2. No Brasil, só se detectou chuva ácida na região de Cubatão e em regiões carboníferas do sul de Santa Catarina.

As precipitações ácidas vêm destruindo monumentos de pedra em todo o planeta e causando prejuízos para a agricultura, além de provocar a destruição de florestas.

A chuva ácida não afeta todos os ecossistemas da mesma forma, alguns tipos de solo e corpos d'água toleram melhor os ácidos que os outros. Quanto menor o pH destes, maiores serão os efeitos desses tipos de precipitações. Nos EUA, estudos indicam que a deposição ácida causa um prejuízo a florestas, agricultura e ecossistemas aquáticos da ordem de US\$ 5 bilhões anuais (Corson, 1993; Ekins *et alii*, 1992).

EFEITO ESTUFA OU AQUECIMENTO GLOBAL

O dióxido de carbono (CO_2) é produzido nos processos de combustão e não é considerado um poluente do ar. Porém, há evidências de que é um dos maiores responsáveis pelo efeito estufa ou aquecimento global. O acúmulo de dióxido de carbono e outros gases na atmosfera permite que a luz solar atinja o solo, mas impede que o calor se irradie de volta para o espaço, causando um aumento da temperatura na superfície terrestre. Algumas outras substâncias também podem agravar o problema, como os clorofluorcarbonetos (CFC's), metano (CH_4) dióxido de nitrogênio (NO_2) e o ozônio (O_3) (Galvão Filho, 1990; Corson, 1993; Cerqueira, 1999).

De acordo com estimativas do Banco Mundial (1992), o aumento da renda *per capita* nos países, em níveis acima de cinco mil dólares anuais, faz com que haja, na média, uma diminuição das concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) e de material particulado, mas gera um aumento nas emissões *per capita* de dióxido de carbono. Portanto, se não forem tomadas medidas para conter a emissão desse

poluente, aumentos de renda em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento podem acelerar o efeito estufa nos próximos anos.

Alguns autores relatam que grandes quantidades de material particulado na atmosfera exerceriam um efeito contrário, formando uma barreira e impedindo que a luz solar atinja o solo, promovendo uma diminuição da temperatura terrestre. Não existe um consenso dos pesquisadores em relação à questão do aquecimento global. Novas pesquisas estão sendo realizadas para que seus efeitos possam ser confirmados, mas enquanto não se chega a uma conclusão final, é aconselhável que medidas de precaução sejam tomadas.

DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

A camada de ozônio, que fica a cerca de 15 a 55 Km da superfície da terra, é essencial para a manutenção da vida (ao contrário do gás ozônio, que é nocivo), pois, absorve uma parcela significativa da radiação ultravioleta do sol.

Nos últimos anos, existem evidências de que substâncias como os clorofluorcarbonetos (CFC's), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO_2), halógenos (usados em extintores) e metano (CH_4) estão destruindo esta camada de ozônio. Os gases de exaustão das aeronaves e os aviões supersônicos também estão colaborando para que isto ocorra. Medições de satélites mostram que os níveis de ozônio caíram em algumas regiões do planeta. O local mais atingido foi a Antártica.

A radiação ultravioleta diminui a eficiência do sistema imunológico, aumenta a incidência de câncer de pele, acelera o envelhecimento e causa danos à visão. Estudos feitos nos EUA, demonstram que cada queda de 1% no ozônio atmosférico pode aumentar a quantidade de ocorrências de câncer de pele em 4 a 6%.

Em relação à vegetação, os raios ultravioleta podem diminuir a fotossíntese, impedir o crescimento das folhas, prejudicar a qualidade das sementes e diminuir a colheita. Além disso, esse tipo de radiação pode afetar os organismos aquáticos, principalmente os filhotes de peixes e acelerar a

dissolução de algumas tintas e plásticos (Corson, 1993; Galvão Filho, 1990; Hill, 1997; Cerqueira, 1999; Ekins *et alii*, 1992).

Segundo um relatório de 1973 da Agência de Proteção Ambiental (EPA), intitulado "Custos dos Danos da Poluição do Ar: um relatório da situação", para 1968, o custo da poluição do ar nos EUA foi estimado em cerca de US\$ 16,1 bilhões, sendo que deste total, incluíam-se US\$ 5,2 bilhões em perdas para os imóveis residenciais, US\$ 4,7 bilhões para os materiais, US\$ 6,1 bilhões para a saúde e US\$ 0,1 bilhão para a vegetação (Sewell, 1978).

Na Inglaterra, estudos mostraram que em 1954 a perda total causada pela poluição do ar foi da ordem de 250 milhões de libras esterlinas. Já na França, em 1957 a perda devido à poluição atmosférica foi da ordem de 6000 francos por habitante ano (Derísio, 1992).

Esses estudos de custos totais e *per capita* da poluição do ar, deixam ainda de incorporar os gastos com limpeza de casas e veículos sujos por partículas. Uma estimativa do Serviço de Saúde Pública dos EUA, em 1968, indicou que os habitantes de Manhattan estavam pagando um custo médio extra anual de US\$ 220 para limpar este tipo de sujeira. A variedade de materiais afetados é muito grande e fica difícil tentar quantificar estes custos incluindo todos os danos causados pela poluição atmosférica.

De acordo com Galvão Filho (1990, p. 42) "os poluentes do ar originam-se principalmente da combustão incompleta de combustíveis fósseis, para fins de transporte, aquecimento e produção industrial. Entretanto, em adição aos processos de combustão, a poluição do ar é causada por vaporização (a mudança do estado líquido para o gasoso), atrito (operações de redução de tamanho, tais como moagem, corte, perfuração, etc.), combustão de materiais residuais, reações químicas na atmosfera envolvendo poluentes primários e redundando na formação de poluentes secundários. Em menor extensão, há fontes naturais, como polinização e vulcões".

Segundo Orsini (1994), as fontes de poluição do ar podem ser divididas em: a) estacionárias (indústrias, queima de resíduos sólidos, etc); b) móveis (carros, aviões, motocicletas, ônibus, etc); c) naturais (vulcões, por exemplo) e d)

causadas por reações químicas na atmosfera, por exemplo, a reação de alguns poluentes com a luz solar. Esta é o caso da formação ozônio, um poluente que surge de uma reação em que é necessária a presença de luz solar, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e oxigênio (maiores detalhes vide tabela 4).

TABELA 4 - Principais Fontes de Poluição do Ar e Principais Poluentes

Tipos de Fontes	Fontes	Poluentes
Estacionárias	Combustão	Material particulado, Dióxido e Trióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas). Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, Hidrocarbonetos, Mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x
	Queima de Resíduos sólidos	Material particulado. Gases: Sox, HCL, NO _x
	Outras	Hidrocarbonetos, Material particulado
Móveis	Veículos (gasolina, diesel, álcool), Aviões, Motocicletas, Barcos, etc	Material particulado, Monóxido de Carbono, Óxidos de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonetos, Aldeídos, Ácidos Orgânicos)
Naturais		Material particulado- Poeiras. Gases: SO _x , H ₂ S, CO, NO _x . Hidrocarbonetos
Reações Químicas na Atmosfera		Poluentes Secundários- O ₃ , Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos Orgânicos, Aerossol Fotoquímico, etc.

Fonte: Orsini, 1994.

Quando uma atmosfera está poluída, diz-se que existe um problema de poluição ambiental, e todas questões desse tipo se desenvolvem num sistema com três componentes principais: fonte poluidora, atmosfera e receptor.

FONTE POLUIDORA -----> **ATMOSFERA** -----> **RECEPTOR**
(geração e emissão (transporte, transformações (remoção
do poluente) físicas e químicas do poluente) do poluente)

Primeiramente, as substâncias poluentes são geradas e emitidas pelas fontes poluidoras; a seguir, esses poluentes são transportados pela atmosfera, sendo em parte dispersos, podendo haver transformações por processos físicos, químicos e biológicos; só então essas substâncias são removidas da atmosfera, através da sua absorção pelos receptores (seres vivos ou materiais). Seria um ciclo de nascimento, vida e morte de um poluente (Orsini & Andrade, 1997).

Para combater os problemas de poluição ambiental, precisa-se conhecer muito bem as fases desse ciclo, mas o que ocorre é que às vezes essas fases se superpõem, aumentando a complexidade do processo e dificultando um diagnóstico adequado por parte dos pesquisadores envolvidos.

O capítulo a seguir tentará caracterizar o problema da poluição do ar na cidade de São Paulo. Algumas vezes, a análise da situação no município será feita indiretamente, pelos dados da região da Grande São Paulo, uma vez que, em certos casos, há ausência de informações isoladas para a capital paulista.

CAPÍTULO III

A CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DA POLUIÇÃO DO AR EM SÃO PAULO

A cidade de São Paulo exerceu um papel importante na atividade industrial do país desde o seu surgimento, no século XX. As primeiras empresas do setor industrial, no país, surgiram em regiões próximas ao centro da capital paulista, como nos bairros de Santa Efigênia, Luz, Liberdade e Bela Vista. Mais tarde, com a instalação das estradas de ferro, a indústria passou a crescer ao longo dos rios, acompanhando o transporte ferroviário. Surgiram estabelecimentos industriais do setor têxtil, metalúrgico e mecânico, principalmente, nos bairros do Brás, Moóca, Belenzinho e Tatuapé.

Na década de 1940, algumas empresas se instalaram no Ipiranga e Cambuci. Nos anos 50 houve expansão do parque industrial do Tatuapé e o aparecimento de empresas na Lapa. Nos anos 60, uma parte dos estabelecimentos industriais passaram a se instalar na região de Santo Amaro, principalmente por causa do esgotamento de espaço e encarecimento dos terrenos em outros bairros. Nos dias de hoje, uma parcela deste parque industrial se mudou para o interior de São Paulo e a indústria foi trocada por estabelecimentos comerciais, mas uma parte deste parque ainda se encontra na capital paulista (Sobral, 1996).

De acordo com Sobral (1996), a maior parte da poluição atmosférica causada pela indústria se encontra nas regiões onde começou o processo de industrialização da capital.

Apesar dessa observação, os grandes responsáveis pela maior parte da poluição do ar em São Paulo, como veremos com mais detalhes nos itens a

seguir, são os veículos automotores. Estatísticas apontam que a cidade comporta mais de 4,7 milhões de veículos, o que significa aproximadamente um carro para cada dois habitantes (470 veículos por mil habitantes). São Paulo tem mais automóveis por habitante do que cidades como Tóquio, no Japão, que tem 439 veículos por mil habitantes, Paris, na França, com 322 veículos por mil habitantes e Nova York, nos Estados Unidos, com 259 veículos para cada mil pessoas (Folha de São Paulo, 1999; Rocha Filho, 1997).

3.1. FONTES E PADRÕES DE EMISSÃO

A estimativa das fontes de emissão de poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) em 1998 pode ser vista na tabela 5.

Como podemos verificar, em 1998, os veículos movidos à gasool¹¹ foram responsáveis pela maior parte das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, enquanto os veículos movidos à diesel emitiram mais óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e material particulado.

Apesar disso, as emissões de dióxido de enxofre, já há alguns anos, não têm preocupado os pesquisadores, uma vez que se encontram controladas, visto que, sua concentração média se situa em torno de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, bem abaixo dos índices recomendados pela Organização Mundial de Saúde (até $125\mu\text{g}/\text{m}^3$)¹² e os níveis obtidos nas estações medidoras não chegam nem perto dos padrões nacionais de qualidade do ar desde o final da década de 1980.

Na tabela 6, pode-se visualizar melhor essas fontes de poluentes, pois, os dados foram colocados em função da porcentagem de emissão. Além disso, foram incluídos os aerossóis secundários e a ressuspensão de partículas¹³, importantes fontes de material particulado.

¹¹ Gasolina com adição de 22% de álcool.

¹² Vide tabela B, no anexo 1.

¹³ Ocorre principalmente por causa dos ventos e da passagem em alta velocidade dos veículos nas estradas.

Tabela 5-Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP- 1998

Fonte de emissão			Emissão (1000 t/ano)				
			CO	HC	NO _x	SO _x	MP**
M Ó V E I S	Tubos de escape de veículos	GASOOL* (gasolina + 22% de álcool)	875,2	88,6	47,1	8,9	4,4
		ÁLCOOL	219,6	24,6	15,2	--	--
		DIESEL	393,0	64,0	287,0	24,9	17,8
		TÁXI	52,8	5,4	2,9	0,5	0,3
		MOTOCICLETA E SIMILARES	163,0	21,6	1,2	0,7	0,4
	Cárter e evaporativa	GASOOL	--	112,2	--	--	--
		ÁLCOOL	--	19,5	--	--	--
		MOTOCICLETA E SIMILARES	--	11,6	--	--	--
	Pneus	TODOS OS TIPOS	--	--	--	--	6,2
	Operações de transferência de combustível	GASOOL	--	51,8	--	--	--
		ÁLCOOL	--	6,0	--	--	--
F I X A	OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL	(no. de indústrias inventariadas)	38,6 ¹ (750)	12,0 ¹ (800)	14,0 ¹ (740)	17,1 ² (245)...	31,6 ² (308)...
TOTAL			1742,2	359,5	367,4	52,1	60,7

* Emissão composta para o ar (partículas) e para o solo (impregnação)

** MP refere-se ao total de material particulado, sendo que as partículas inaláveis são uma fração deste total

*** Estas indústrias fazem parte da curva A e B que representam mais de 90% das emissões totais

Ano de consolidação do inventário: 1- 1996, 2-1998

CO: monóxido de carbono; HC: hidrocarbonetos; NO_x óxidos de nitrogênio; SO_x: óxidos de enxofre; MP: material particulado

NOTA: devido ao refinamento na metodologia de cálculo, não é válida a comparação dos valores aqui apresentados com as estimativas de emissão apresentadas nos relatórios de anos anteriores.

Fonte: CETESB, 1999.

Se analisarmos dados de emissão de poluentes atmosféricos, a partir dos anos 1980, verificaremos que uma grande parte dos poluentes originários da indústria foram controlados¹⁴, e que a meta agora é controlar a emissão veicular.

Tabela 6 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP - 1998

Fonte de emissão		Poluentes (%)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	PI ²
Tubo de escape - mento de veí- culos	GASOOL (gasolina + 22% de álcool)	50	22	13	17	8
	ÁLCOOL	13	6	4	--	--
	DIESEL ¹	23	15	78	48	32
	TÁXI	3	1	1	1	--
	MOTOCICLETAS E SIMILARES	9	5	--	1	--
Cárter e evapora- tiva	GASOOL	--	27	--	--	--
	ÁLCOOL	--	5	--	--	--
	MOTOCICLETAS E SIMILARES	--	3	--	--	--
Operações de transferência de combus- tível	GASOOL	--	12	--	--	--
	ÁLCOOL	--	1	--	--	--
Operação de Processo Industrial (1990)		2	3	4	33	10
Ressuspensão de partículas		--	--	--	--	25
Aerossóis secundários		--	--	--	--	25
Total		100	100	100	100	100

(1) Apenas veículos pesados

(2) Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre veículos a gasolina e diesel, de acordo com os dados de emissão disponíveis (tabela 5).

Fonte: CETESB, 1999.

O grande problema é que os veículos são fontes móveis de poluição e mesmo que a cidade consiga controlar a emissão de seus veículos, diariamente,

¹⁴ Veremos com mais detalhes, adiante, os programas de controle adotados e seus efeitos.

circulam por São Paulo milhares de ônibus e caminhões vindos de outras regiões do país e da América Latina.

Segundo d'Avignon (1994), o processo de combustão dos motores emite gases para a atmosfera como: o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC) e material particulado, mas essa emissão varia de acordo com o tipo de combustível utilizado. Como podemos verificar na tabela 7, a combustão do álcool emite menos monóxido de carbono, particulados, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre do que a combustão de gasolina. É a composição química dos combustíveis que determina os tipos de gases emitidos, portanto, quando se aumenta as vendas de veículos à gasolina em relação aos movidos a álcool, pode-se esperar um aumento da concentração de alguns poluentes, mas, em contrapartida, uma diminuição de outros (NOx).

Tabela 7- Emissões médias de poluentes (gramas/Km por carro nacional)

Emissões	Gás Natural	Álcool	Gasolina	Diesel Americano
CO	12,0	16,0	22,0	17,0
HC	2,8	1,6	2,0	2,9
NOx	2,2	1,8	1,0	1,3
Partículas	0,0	0,0	0,2	0,8
SOx	0,0	0,0	0,16	5,9

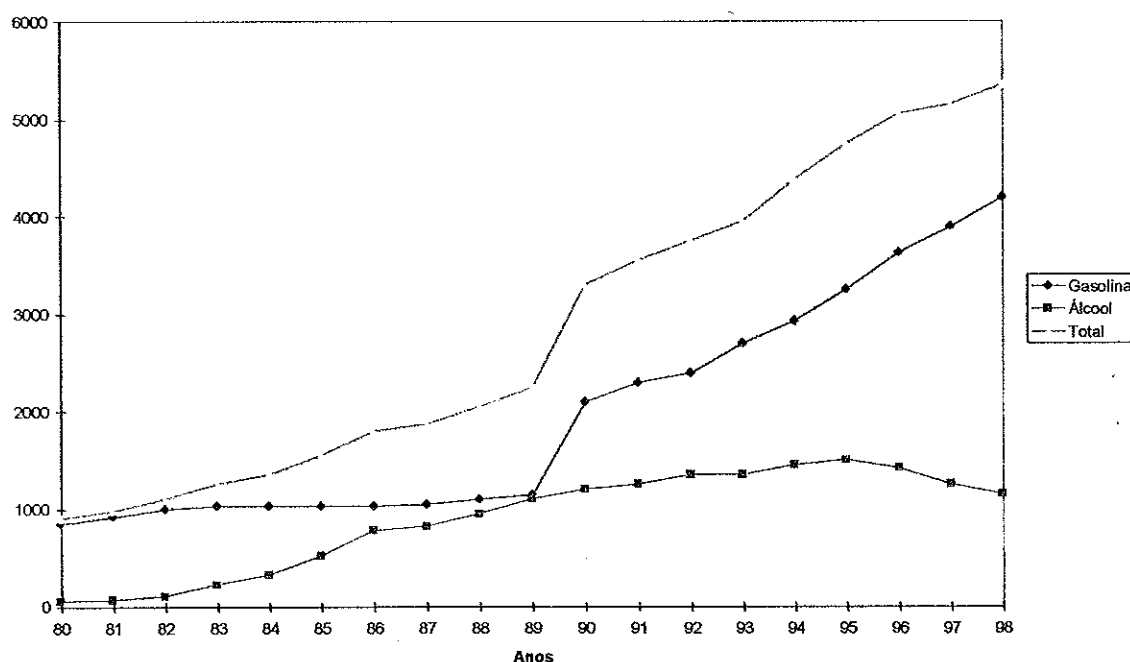
Fonte: d'Avignon, 1994.

O gráfico 2 mostra o que aconteceu com a frota de veículos licenciada ao longo do tempo. As vendas de veículos movidos à álcool diminuíram a partir de 1990, com a crise na produção e a necessidade de importação de metanol, com isso, a população perdeu a credibilidade no Pró-Álcool. O preço dos carros movidos por esse combustível foram caindo no mercado e, na compra seguinte, as pessoas voltaram a requisitar carros movidos à gasolina. Os veículos movidos

à álcool, que existem hoje rodando pela capital paulista, são a grosso modo os que foram vendidos na década de 1980 e automóveis que pertencem à frota do Governo do Estado.

Em 1999, com a elevação dos preços do petróleo, as vendas começaram a aumentar, mas aumentos de preços por parte dos produtores de álcool fizeram com que a população tivesse receio de optar novamente por carros movidos à álcool e suas vendas voltaram a cair. Em 1989, esses carros correspondiam basicamente à 50% da frota circulante na RMSP. Nos dias de hoje, representam menos que 22% do total.

Gráfico 2- Evolução da frota de veículos automotores da RMSP (1000 veículos)



Fonte: CETESB, 1999.

Como vimos na tabela 7, a evolução das emissões veiculares varia em função do perfil da frota e do tipo de combustível que está sendo utilizado, daí a importância de se acompanhar constantemente essas mudanças. Além disso, existem outros fatores importantes, como alteração na composição dos combustíveis ou alteração nos valores de poluentes emitidos pelos veículos novos

que entram em circulação e contêm avanços tecnológicos, sejam eles desenvolvidos espontaneamente pela indústria automobilística ou estipulados por lei, como, por exemplo, a obrigação do uso de catalisadores.

Os padrões de emissão veicular foram se modificando ao longo do tempo. Normalmente, com o passar dos anos, os governos estipulam regras mais rígidas para os fabricantes. As tabelas 8 e 9 apresentam os limites máximos de emissão para veículos leves e pesados em função do ano de fabricação.

De acordo com a tabela 8, podemos observar que os limites para emissão dos veículos leves novos, que foram fabricados a partir de 1997, reduziram drasticamente. O grande problema, é que, principalmente para a população de baixa renda, o tempo de vida que um automóvel circula é elevado. Portanto, nos dias de hoje, temos uma frota circulante composta por uma parte de veículos leves que quase não poluem, e outra parte que emite quantidades elevadas de poluentes.

Tabela 8 - Limites máximos de emissão para veículos leves - Brasil

Ano	escapamento				CO (%) M. lenta	Fumaça K ¹
	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	Aldeídos (g/Km)		
1988 ² - 89	24,0	2,1	2,0	-	3,0	-
1990 - 91	24,0	2,1	2,0	-	3,0	2,5
1992- 96	12,0	1,2	1,4	0,15	2,5	2,5
A partir de 1997	2,0	0,3	0,6	0,03	0,5	2,5

1. K = raiz quadrada de G
C = concentração de Carbono
G = vazão nominal de gás do escapamento
2. 1988 somente para novos lançamentos
1989 para 50% da produção
1990 para todos, exceto veículos não derivados de automóveis

Fonte: Adaptada de CETESB, 1999.

Em relação aos veículos pesados, mesmo que estes obedeçam os padrões mais recentes de emissão (vide tabela 9), a produção de gases continua alta, principalmente de óxidos de nitrogênio (NO_x). Cabe lembrar, que a maior parte

destes veículos é movida à diesel, e que uma das características deste combustível é emitir mais óxidos de nitrogênio do que a gasolina. Apesar de uma grande parte da frota de veículos pesados ser antiga e emitir em média uma quantidade maior de poluentes do que os produzidos no ano 2000, deve-se ressaltar que uma parte destes veículos (os ônibus urbanos) é responsável, diariamente, pelo transporte de mais de 40% da população e, que em termos *per capita*, a poluição gerada por esse veículo é menor do que a que seria produzida caso essas pessoas passassem a utilizar automóveis como meio de locomoção.

Tabela 9 - Limites máximos de emissão para veículos pesados (escapamento) - Brasil

Ano	CO (g/Km)	HC (g/Km)	NO _x (g/Km)	Fumaça (K)
1994 ¹	4,9	1,23	9,0	2,5
1994 ²	11,2	2,45	14,4	2,5
1996 ³	11,2	2,45	14,4	2,5
1996 ⁴	4,9	1,23	9,0	--
1998 ⁵	4,0	1,10	7,0	--
2000 ⁶	4,0	1,10	7,0	--
2000 ⁷	4,9	1,23	9,0	--
2002 ⁸	4,0	1,10	7,0	--

1. Todos os veículos importados e 80% dos ônibus urbanos.
2. 20% dos ônibus urbanos e 80% dos demais veículos nacionais.
3. 20% dos veículos nacionais.
4. 80% dos veículos nacionais e 20% dos ônibus urbanos.
5. 80% dos veículos urbanos nacionais e todos os veículos importados.
6. 80% dos veículos nacionais.
7. 20% dos veículos nacionais.
8. Todos os veículos.

Fonte: Adaptada de CETESB, 1999.

Além dos padrões de emissão dos veículos, existem padrões de qualidade do ar para as cidades ou países, que, normalmente, são estabelecidos em função da saúde e bem-estar dos indivíduos. Segundo a CETESB (1999, p. 9), "através da Portaria Normativa no. 348 de 14/03/90, o IBAMA estabeleceu padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referência, ampliando o

número de parâmetros anteriormente regulamentados através da Portaria GM 0231 de 27/04/76.”

Esse padrões, apresentados na tabela 10, foram submetidos ao CONAMA em 28/06/90 e transformados em Resolução CONAMA no. 03/90. Foram regulamentados parâmetros de partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio e monóxido de carbono.

Para cada poluente, são estabelecidos dois tipos de padrões: primários e secundários. Os padrões primários estabelecem níveis de poluentes, que se forem ultrapassados, comprometem a saúde da população. Seriam os níveis máximos tolerados pelo organismo dos indivíduos sem que cause danos. Em outras palavras, seriam as metas a serem cumpridas no curto e médio prazos. Existem controvérsias em relação à esses níveis, uma vez que alguns indivíduos são mais sensíveis a determinados poluentes do que outros.

Os padrões secundários determinam níveis de poluentes que causem o mínimo de efeitos adversos para o bem-estar da população, o mínimo de danos à fauna e flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Seriam as metas a serem cumpridas no longo prazo. Segundo a CETESB (1999), os padrões secundários servem para criar uma base para uma política de combate à deterioração da qualidade do ar. Estes níveis de poluentes devem ser exigidos em áreas de proteção ambiental, como parques nacionais, estâncias turísticas, etc. Em grandes conglomerados urbanos e áreas em desenvolvimento devem ser exigidos os padrões primários de emissão.

A Resolução CONAMA no. 03/90 prevê que o território nacional seja dividido em três classes (I, II e III), de acordo com o uso pretendido, para que sejam estabelecidos e cobrados os diversos padrões de emissão, porém, enquanto as áreas não forem classificadas, os padrões seguidos serão os primários (CETESB, 1999).

Observando-se os padrões nacionais de emissão que constam da tabela 10 e comparando esses dados com os da tabelas A (em anexo), que determina os padrões americanos estabelecidos pela EPA - Agência de Proteção Ambiental dos

EUA- podemos concluir que os padrões primários para partículas inaláveis, dióxido de enxofre e monóxido de carbono são os mesmos. Em relação ao dióxido de nitrogênio, a EPA não estabelece um nível máximo para 1 hora de medição, mas o padrão para a média aritmética anual é idêntico. Os níveis máximos de ozônio estabelecidos para medição de 1 hora pela Agência de Proteção Ambiental americana são maiores do que os brasileiros.

Tabela 10 - Padrões nacionais de qualidade do ar - Resolução CONAMA no.28/06/90.

Poluentes	Amostragem	Padrões Primários $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrões Secundários $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Medição
partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
fumaça	24 horas ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100	Pararosanilina
	MAA ³	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MAA ³	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

ppm = partes por milhão

(1) Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Fonte: CETESB, 1999.

A EPA também padroniza níveis de hidrocarbonetos (menos metano), chumbo e partículas finas com menos de 2,5 micra, poluentes estes não considerados pela legislação brasileira, mas em contrapartida, a Resolução CONAMA estipula padrões para emissão de partículas totais em suspensão (maiores do que 10 micra) e fumaça.

A tabela B (em anexo) estipula níveis máximos de exposição ao dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio, recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Os padrões primários da Resolução CONAMA para o monóxido de carbono são iguais aos recomendados pela OMS, mas os de ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre se encontram em níveis bem acima dos limites máximos sugeridos pelo organismo internacional.

A Resolução CONAMA no. 03/90 estabelece ainda os níveis de emissão que caracterizam episódios agudos de poluição do ar. Estes limites são apresentados na tabela 11.

Para se decretar o nível de atenção, alerta e emergência, além do limite dos poluentes ultrapassar os níveis estipulados, a meteorologia deve apontar para condições desfavoráveis à dispersão das substâncias que se encontram na atmosfera.

A legislação do Estado de São Paulo também estipula alguns padrões de qualidade do ar e critérios para os episódios agudos de poluição atmosférica, mas não para a mesma quantidade de poluentes que a Resolução CONAMA. Os parâmetros que não têm padrões estipulados pela legislação estadual são: fumaça, partículas inaláveis e dióxido de nitrogênio. Os padrões dos outros poluentes são os mesmos que os da legislação federal, com exceção dos critérios para episódios agudos de ozônio. Os níveis de referência estaduais para episódios de atenção são mais rígidos que os do CONAMA (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente), os de alerta são os mesmos e para os de emergência a legislação federal é menos tolerante (vide tabela 11).

Enquanto no estado de São Paulo a situação de emergência é atingida quando o nível de ozônio chega a $1.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a legislação federal estipula uma concentração máxima de $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para esse poluente.

Tabela 11- Critérios para episódios agudos de poluição do ar - Resolução CONAMA no. 3 de 28/06/90

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 h	375	625	875
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	65.000	261.000	393.000
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	400 ¹ (200) ²	800 ¹ (800) ²	1.000 ¹ (1.200) ²

ppm = partes por milhão

SO₂ = dióxido de enxofre

PTS = partículas totais em suspensão.

(1) Padrões federais de emissão de ozônio.

(2) Padrões estaduais para o ozônio. O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual, que é mais restritiva.

Fonte: CETESB, 1999.

3.2. ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR

Além de toda a legislação existente, para cada poluente medido é calculado um índice e o que se divulga é o índice do poluente que se encontra em maior concentração para cada estação. Depois de calculado o valor do índice, o ar recebe uma qualificação. Para se ter uma idéia de como se define a qualidade do ar da Grande São Paulo, apresentamos a seguir os valores do índice, a qualificação do ar e seus efeitos para a saúde, de acordo com a metodologia utilizada pela CETESB.

Valor do índice:

- de 0 a 50 (qualidade boa)- ausência de sintomas.
- de 51 a 100 (qualidade regular)- ausência de sintomas.
- de 101 a 199 (inadequada)- sintomas de irritação na população sadia; pessoas com problemas respiratórios devem reduzir as atividades físicas e permanecer em casa.
- de 200 a 299 (qualidade má ou estado de atenção)- decréscimo de resistência física e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardio-respiratórias, que devem reduzir as atividades físicas e permanecer em casa.
- de 300 a 399 (qualidade péssima, estado de alerta)- decréscimo de resistência física e aparecimento prematuro de certas doenças; pessoas idosas e com enfermidades devem permanecer em casa e evitar esforço físico; a população em geral deve evitar atividades exteriores.
- + de 400 (qualidade crítica, estado de emergência)- morte prematura de pessoas doentes e idosas; pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetariam sua atividade normal; todas as pessoas devem permanecer em casa, mantendo as portas e janelas fechadas; devem minimizar as atividades físicas e evitar o trânsito (CETESB, 1999).

O ar é considerado bom ou regular, dependendo da concentração dos poluentes, quando todas as substâncias medidas se encontram em níveis que vão de zero até os padrões primários de emissão. Se alguma medição se encontrar

acima dos padrões primários, mas abaixo do limite para o estado de atenção, a qualidade do ar é tida como inadequada. Entre os níveis de estado de atenção e alerta, a qualificação é considerada má, entre o estado de alerta e emergência a qualidade é péssima e acima do nível de emergência o estado é crítico.

3.3. ÓRGÃO RESPONSÁVEL PELO CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR E REDES DE MONITORAMENTO

A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) é o órgão governamental responsável pelo controle diário do ar respirado pela população do Estado de São Paulo. O órgão mantém redes de monitoramento dos poluentes atmosféricos desde a década de 70. Essa rede se encontra situada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Cubatão e no interior do Estado.

Na Grande São Paulo, existe uma rede automática de medição que opera desde 1981 e duas redes manuais: uma que mede a concentração de dióxido de enxofre/fumaça desde 1973 e outra que mede partículas totais em suspensão desde 1983.

A rede automática é composta por 22 estações fixas na RMSP e 2 estações móveis. Essa rede mede emissões de partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, direção do vento, velocidade do vento, pressão, temperatura, umidade e radiação solar (global e ultravioleta). As estações móveis ficam à disposição para se deslocar a locais em que haja necessidade de medição ou para estudos complementares à própria rede.

Como nosso objeto de estudo é o município de São Paulo, consideraremos somente as 13 estações de medição nele situadas. A seguir, apresenta-se a localização dessas estações:

- Parque D. Pedro II
- Santana
- Móoca
- Cambuci

- Ibirapuera
- Nossa Senhora do Ó
- Congonhas
- Lapa
- Cerqueira César
- Penha
- Centro (anteriormente, estação Sé)
- Santo Amaro e
- São Miguel Paulista.

De todas essas estações, somente a do Parque D. Pedro II realiza medições para todos os parâmetros citados¹⁵. As outras estações mensuram a concentração de somente alguns poluentes (vide tabela 12).

A rede manual, que mede dióxido de enxofre e fumaça, tem 7 estações de amostragem localizadas na cidade de São Paulo, que são:

- Aclimação
- Campos Elíseos
- Moema
- Praça da República
- Tatuapé
- Pinheiros e
- Cerqueira César.

Já a rede manual, que mede partículas totais em suspensão, é composta por 6 estações que se localizam na capital paulista:

- Parque D. Pedro II
- Ibirapuera
- Penha
- Cerqueira César
- Santo Amaro e
- Pinheiros

¹⁵ Com exceção da pressão atmosférica, da radiação total e da ultravioleta.

Tabela 12 - Configuração da rede automática na cidade de São Paulo

Localização das estações	PI	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	CH ₄	HCNM	O ₃	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
Parque D. Pedro II	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Santana	X											X	X		
Moóca	X								X			X	X		
Cambuci	X														
Ibirapuera	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
Nossa Senhora do Ó	X														
Congonhas	X	X	X	X	X	X			X						
Lapa	X	X	X	X	X	X			X			X	X		
Cerqueira César	X	X	X	X	X	X									
Penha	X														
Centro	X	X	X	X	X	X									
Santo Amaro	X					X						X	X		
São Miguel Paulista									X	X	X	X	X		

PI - partículas inaláveis

HCNM - hidrocarbonetos menos metano

VV- velocidade do vento

DV - direção do vento

UR - umidade relativa

P - pressão atmosférica

TEMP - temperatura

RAD - radiação total e ultravioleta

Fonte: Adaptada de CETESB, 1999.

3.4. FATORES AGRAVANTES DA POLUIÇÃO

Historicamente, o período mais crítico para a dispersão dos poluentes é o inverno, quando as estações da CETESB registram os níveis mais altos de poluição do ar, devido à ocorrência de inversões térmicas e de baixos níveis pluviométricos.

O caso do ozônio é uma exceção. Essa substância não é emitida diretamente pelas fontes fixas e móveis. É necessária a presença de luz solar para que haja uma reação entre hidrocarbonetos voláteis, óxidos de nitrogênio e oxigênio, portanto, este poluente atinge maiores concentrações no período do verão.

Não são somente as condições meteorológicas, o número de veículos e o tipo de combustível utilizado que determinam a qualidade do ar, as condições de tráfego também contribuem bastante para isso. Os congestionamentos podem ocorrer, além de outras coisas, devido ao número de veículos em circulação nos horários de pico, ao grande número de obras existentes na cidade e também pela ocorrência de acidentes ou quebra de veículos.

De acordo com Toledo (1999), nos últimos dez anos, a frota de veículos de São Paulo cresceu 47%, enquanto que a malha viária da região cresceu apenas 0,03%. Segundo o autor, em Nova York, 86% das viagens diárias são feitas através de trilhos ou ônibus, em São Paulo esse índice cai para 55%, sendo que, destas pessoas, 43% utilizam ônibus como meio de locomoção. Os outros 45% dos indivíduos preferem enfrentar o trânsito a ter que se utilizar do transporte coletivo. Esses fatores são os grandes responsáveis pelo congestionamentos dos últimos anos.

A falta de regulação dos motores dos veículos é um outro problema. Os automóveis mais recentes (apesar de algumas exceções), já incorporam componentes que emitem menos poluentes. A grande questão é o que fazer com a frota antiga que continua circulando? Quando se fala em motores desregulados, não se fala somente dos automóveis, mas também dos ônibus e dos caminhões.

Uma outra questão que deve ser mencionada é a de que os veículos são fontes móveis de poluição, o que dificulta ainda mais o controle, pois, não é só a frota da região que circula diariamente por suas ruas, há também automóveis de outras regiões, ônibus intermunicipais e interestaduais e caminhões de todas as partes do país.

Assim, por estas características e outras que deixaram de ser mencionadas, verificamos que o problema da qualidade do ar na cidade de São Paulo é muito mais complexo do que parece num primeiro momento.

3.5. PROGRAMAS DE CONTROLE ELABORADOS E IMPLEMENTADOS PELA CETESB

A CETESB tem elaborado e implementado alguns planos de controle de poluição. Na cidade de São Paulo, este órgão mantém quatro agências ambientais em Pinheiros, Santana, Santo Amaro e Tatuapé, com o intuito de implementar esses planos, através de ações preventivas e corretivas.

Os programas foram desenvolvidos para controlar a poluição de fontes estacionárias e móveis. Alguns desses planos são descritos a seguir.

a) Fontes estacionárias

Em relação a esse tipo de fonte, que se constitui basicamente de indústrias e alguns tipos de estabelecimentos comerciais, a CETESB desenvolveu basicamente três tipos de programas: um para controle de material particulado, outro para controle de dióxido de enxofre e o último para controlar as fontes geradoras de incômodos. A intenção era fazer com que esses estabelecimentos adotassem tecnologias mais limpas que as anteriores, visando reduzir os níveis de poluição em áreas consideradas saturadas em relação à qualidade do ar.

O programa de controle de particulados teve início em 1979, tentando manter os níveis de emissão desse material dentro dos seus padrões primários. A CETESB autuou as 150 empresas que mais emitiam esse poluente (eram

responsáveis por cerca de 90% do material particulado liberado na atmosfera pela indústria), obrigando-as a adotar novas tecnologia para diminuir sua emissão. A maior parte das empresas do setor industrial situadas na RMSP, já conseguiu controlar o teor de material particulado produzido, portanto, não são mais as responsáveis pela emissão de grandes quantidades dessa substância. A maior parte desse material é originária dos veículos movidos à diesel, ressuspensão de partículas e aerossóis secundários (vide tabela 6).

No caso do programa de controle de emissão de dióxido de enxofre, podemos considerar que foi o melhor sucedido, porque já há algum tempo, os padrões de emissão desse poluente não são ultrapassados. O plano foi iniciado em 1982 e visava controlar o consumo de óleos combustíveis com altos teores de enxofre. O processo de combustão desses óleos era responsável pela produção de 74% do dióxido de enxofre liberado na RMSP, na época. Buscou-se a produção de combustíveis mais limpos em conversas com técnicos da Petrobrás e a exigência de algumas medidas de controle perante às indústrias.

O outro programa, de controle de fontes geradoras de incômodos, dispõe de um plantão de 24 horas por dia, recebendo e selecionando as reclamações da população em relação a casos de poluição específicos. No ano de 1998, foram registradas mais de 17.000 queixas. Esses casos são analisados pelos técnicos da CETESB e são tomadas as medidas cabíveis.

b) Fontes móveis

Na década de 1970 a CETESB passou a se preocupar com a quantidade de poluentes na região central da cidade de São Paulo, principalmente de monóxido de carbono e, a partir da metade desse período, passou a realizar pesquisas para avaliar os efeitos na emissão quando se adicionava etanol à gasolina. Em 1979 surgiu o PRÓÁLCOOL (Programa Nacional do Alcool) e começou a ser adicionado etanol na gasolina. Primeiro a proporção era de 15%, depois, nos anos seguintes, passou a ser de 22%. No início dos anos 90, houve escassez de álcool e os veículos movidos com esse tipo de combustível passaram a utilizar uma

mistura de 7% de gasolina, 60% de etanol e 33% de metanol. Em 1998 o Governo Federal estipulou um teor de álcool a ser misturado na gasolina de 24% em volume (CETESB, 1999).

O PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) surgiu com a Resolução no. 18/86 do CONAMA, em vista da avaliação da CETESB em relação ao problema da poluição atmosférica causada pelos veículos. Esse programa estabelece padrões máximos de emissão para veículos leves e pesados¹⁶, controla e determina os tipos de combustíveis a serem utilizados e determina quando os modelos novos de veículos não atendem às condições necessárias, não devendo ser comercializados. A CETESB tem a responsabilidade de implementação e operacionalização do PROCONVE no país.

Este programa controla tanto a composição dos combustíveis como o aperfeiçoamento tecnológico dos motores para que a redução dos poluentes emitidos seja a máxima possível. A adição de etanol à gasolina em diferentes porcentagens vai originar emissões em níveis distintos (vide tabela 13).

Tabela 13 - Variação relativa na emissão de poluentes pelo escapamento em função do teor de álcool anidro na gasolina (% por volume)

Porcentagem de etanol	22	18	12	0
CO	100	120	150	200 - 450
HC	100	105	110	140
NO _x	100	95	80	60

CO = monóxido de carbono

HC = hidrocarbonetos

NO_x = óxidos de nitrogênio

Fonte: CETESB, 1999.

Observa-se que a maior adição de álcool à gasolina diminui a emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, mas, no entanto, aumenta o teor de óxidos de nitrogênio eliminados para a atmosfera. Essa diferença nas emissões

¹⁶ Através das Resoluções do CONAMA.

pode modificar também a concentração de poluentes secundários, como é o caso do ozônio.

Além do PROCONVE, a CETESB exerce ainda atividades em outros programas como o de fiscalização da fumaça preta emitida por motores alimentados por diesel, que em 1995 autuou mais de 20.000 veículos; a Operação Inverno, que funciona de maio a final de setembro, período em que as condições meteorológicas dificultam a dispersão dos poluentes e a Operação Rodízio, em que, a cada dia da semana, automóveis com dois números de final de placa não podem circular em horários específicos.

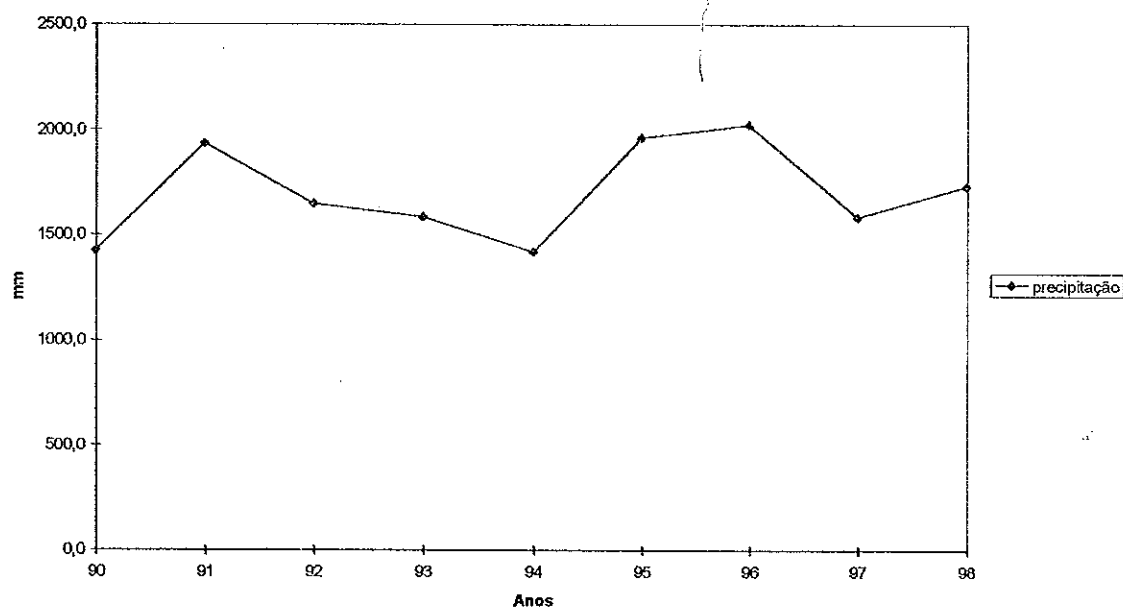
Todos esses programas, além da tentativa de implementação do Projeto de Transporte Sustentável (junto com a Secretaria do Meio Ambiente) e da inspeção e manutenção periódica dos veículos em uso nos grandes centros urbanos, visam melhorar a qualidade do ar na cidade de São Paulo.

3.6. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E OS RESULTADOS DA POLUIÇÃO DO AR NA CIDADE DE SÃO PAULO DE 1990 A 1998

a) Clima

Os fatores climáticos são extremamente importantes para determinar como se encontrará a concentração dos poluentes na atmosfera. Com os mesmos níveis de emissão, uma cidade, em dois dias distintos, com temperatura, velocidade do vento e precipitações, por exemplo, diferentes, pode estar com a atmosfera altamente poluída num dia e no outro não.

Gráfico 3 - Precipitação total anual em São Paulo em mm (Estação Climatológica de São Paulo - Mirante de Santana) - 1990 a 1998

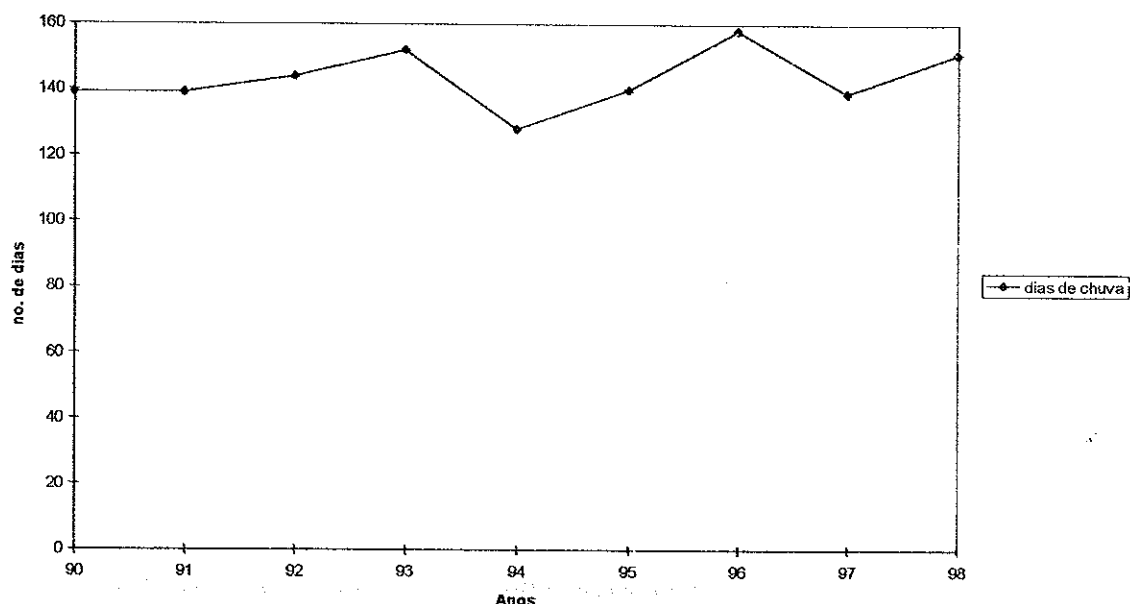


Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

As precipitações são relevantes, porque ajudam a dispersar os poluentes. No gráfico 3, podemos observar que do período de 1990 a 1998, os anos mais chuvosos foram 1991, 1995 e 1996.

Outro fator importante é a frequência dos dias de chuva, porque, normalmente, nesses períodos há dispersão dos gases e partículas da atmosfera. Essas informações são apresentadas no gráfico 4. Observa-se que em 1990 houvera cerca de 140 dias chuvosos, porém, a precipitação total anual foi relativamente baixa, menor do que 1.500 mm. Em 1991, com o mesmo número de dias de chuva, as precipitações, durante o ano, ficaram em torno de 2.000 mm. Choveu pouco, também, em 1994 e 1997.

Gráfico 4- Frequência de dias de chuva em São Paulo (Estação Climatológica de São Paulo - Mirante de Santana) - 1990 a 1998

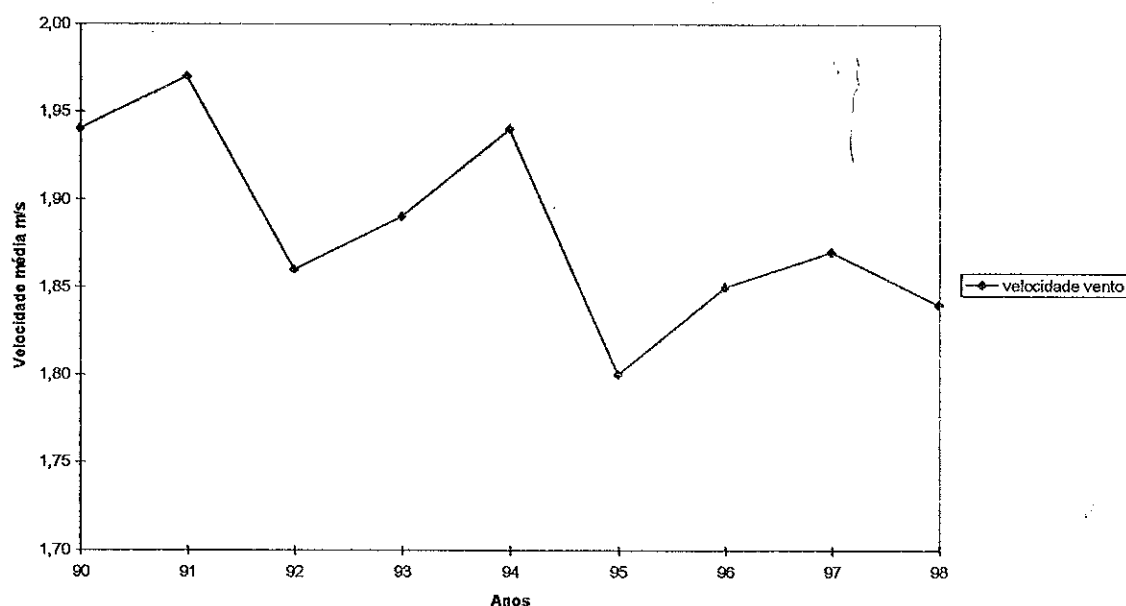


Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

Quanto maior a velocidade do vento, melhor se dissipam as substâncias da atmosfera. O ano de 1998 foi considerado um período com condições climáticas excepcionais para a dispersão dos poluentes, porém, a situação da velocidade do vento não foi tão boa como a de alguns outros anos, como, por exemplo, 1991 e 1994 (vide gráfico 5).

Se a velocidade do vento é baixa, a atmosfera fica parada e as substâncias praticamente não se locomovem. Se há poucos poluentes, não há problemas, mas se a concentração destes for elevada, este ar poluído permanecerá na região por um período mais longo, ampliando os danos sobre a população que passa mais tempo nesse local.

Gráfico 5 - Velocidade média do vento em São Paulo (em m/s) - 1990 a 1998



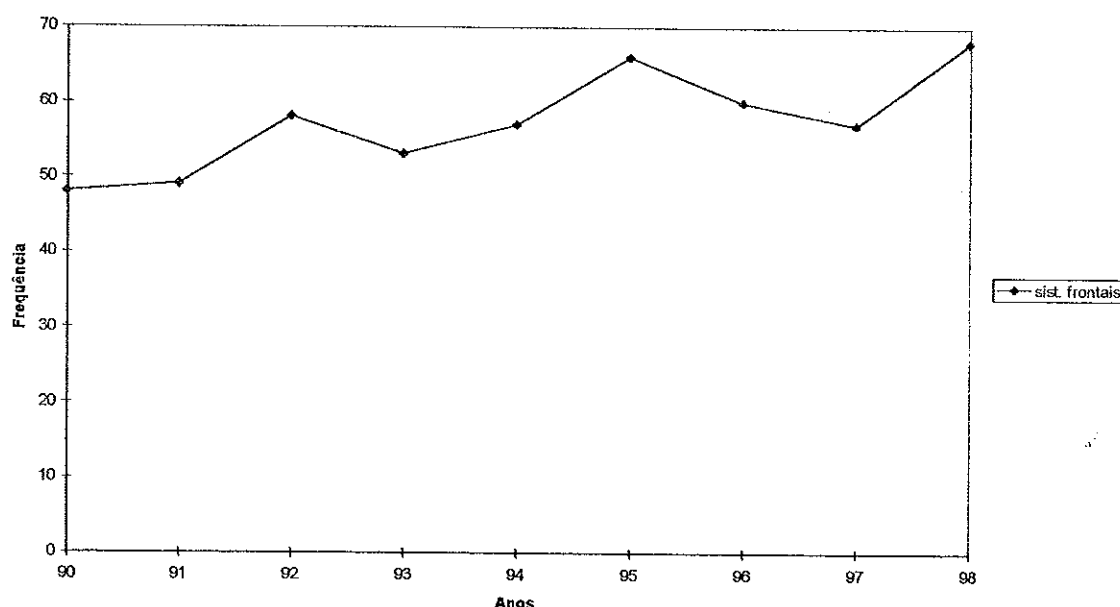
Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

Outro fator a ser considerado, é a frequência dos sistemas frontais (gráfico 6). Quanto maior o seu número, menos problemas teremos com os poluentes. A chegada de frentes de massa de ar frio ou quente, faz com que os gases da atmosfera se movimentem, melhorando a dispersão.

Em 1995 e 1998, a frequência dos sistemas frontais, em São Paulo, foi um pouco superior à que ocorreu nos outros anos, portanto, se esta característica aparece conjugada com outros fatores favoráveis, como, por exemplo, precipitações, pode colaborar para a dispersão dos poluentes.

Para o ano de 1998, esta pode ser tida como uma afirmação verdadeira (vide gráfico 8), uma vez que o número de dias desfavoráveis para a dispersão das substâncias que se encontravam na atmosfera foi relativamente baixo.

Gráfico 6 - Frequência dos sistemas frontais que passaram sobre São Paulo - 1990 a 1998



Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

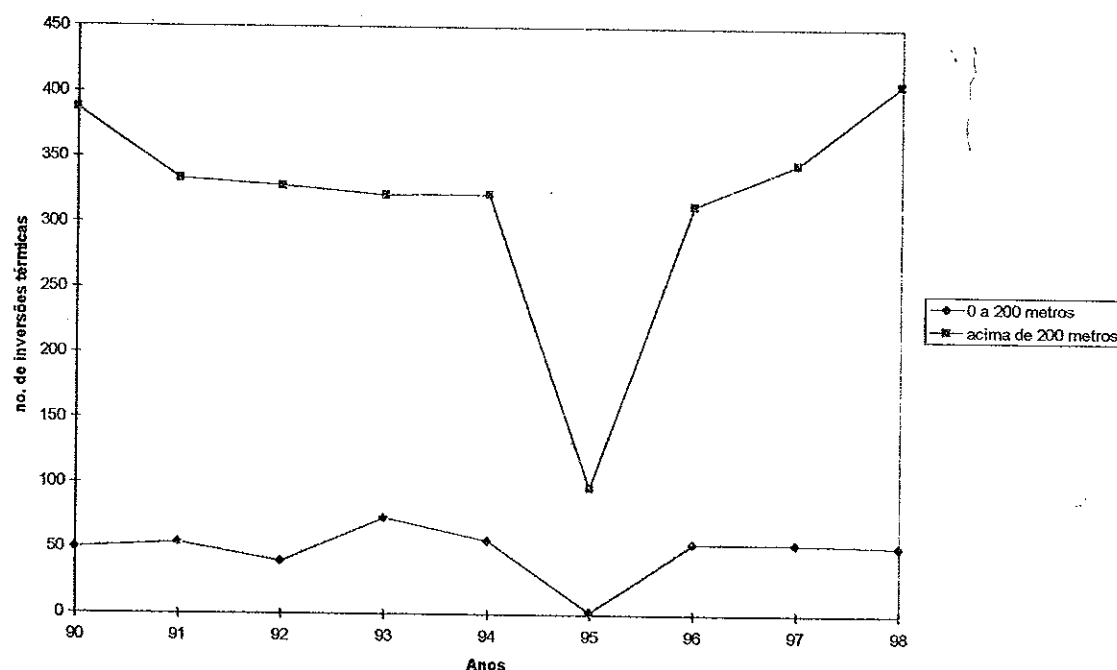
O gráfico 7 mostra o número de inversões térmicas que ocorreram durante o ano, no período de 1990 a 1998. Quanto maior a frequência das inversões, mais elevada será a concentração de poluentes na atmosfera, principalmente, se estas inversões ocorrerem em áreas próximas da superfície terrestre, onde efetivamente o homem habita.

Podemos verificar, que o ano de 1995 foi atípico, uma vez que quase não ocorreram inversões, tanto em áreas próximas ao solo, como em altitudes acima de 200 metros. Em parte, isso se deu, porque praticamente não houve inverno, as temperaturas, mesmo no período que vai de junho a agosto, se mantiveram em patamares elevados.

Em 1998, houveram muitas inversões, mas não chegaram a comprometer a qualidade do ar, uma vez que ocorreram em altitudes elevadas. Normalmente, esses fenômenos ocorrem nos períodos de inverno¹⁷.

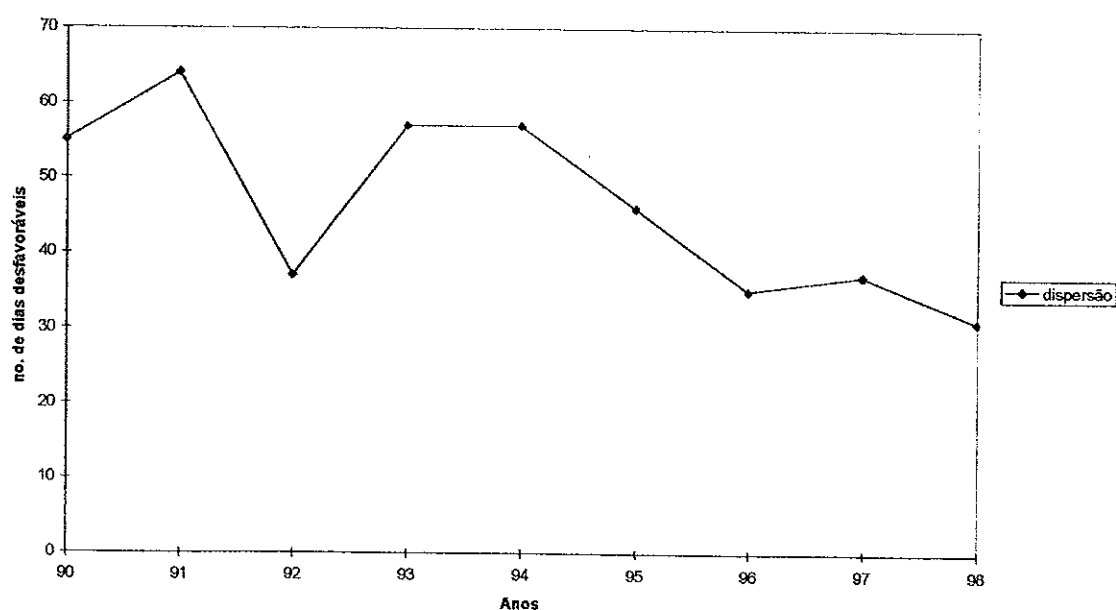
¹⁷ Maiores explicações vide capítulo 2.

Gráfico 7 - Frequência de inversões térmicas por faixas de altitude (Aeroporto de Congonhas - São Paulo) - 1990 a 1998



Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

Gráfico 8 - Frequência dos dias desfavoráveis à dispersão dos poluentes em São Paulo

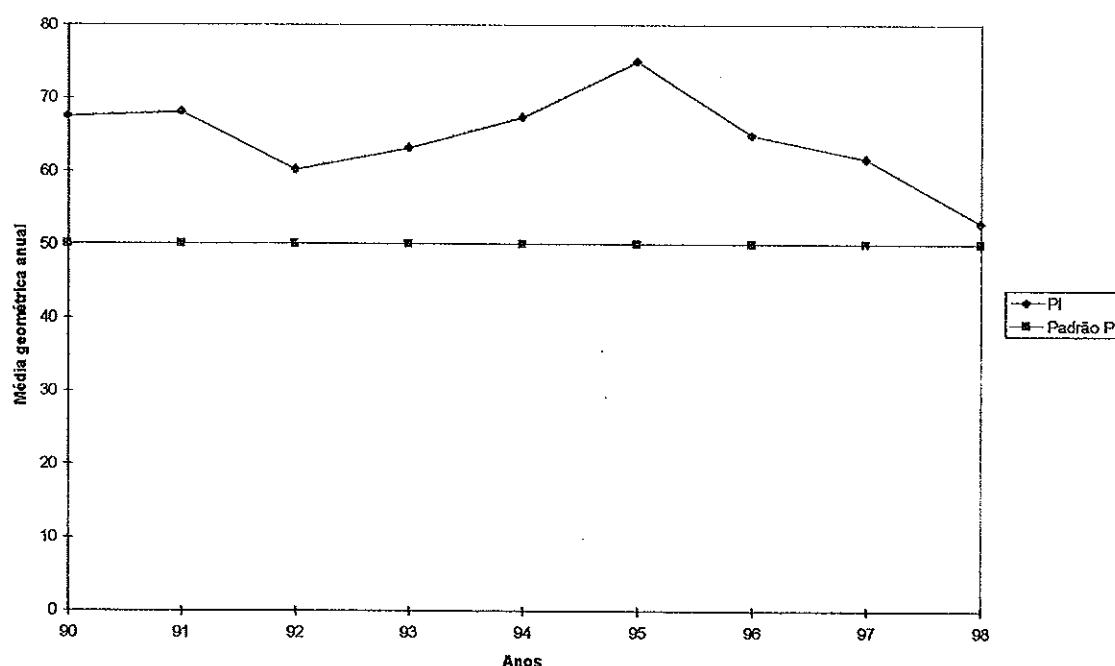


Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

b) Poluentes

As partículas inaláveis são extremamente pequenas (menores que 10 micra) e quando inaladas por pessoas com problemas respiratórios, se depositam nos pulmões, causando sérios danos para a saúde¹⁸. Por isso, existe uma preocupação cada vez maior, por parte das autoridades de saúde e de proteção do meio ambiente, em relação à essas substâncias. Em termos de média aritmética anual dos dados das estações (gráfico 9), esses valores se encontram cerca de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ acima dos padrões (40% mais alta), com exceção do ano de 1998, que teve condições climáticas favoráveis e seu nível ficou próximo do limite estabelecido pelo seu padrão primário.

Gráfico 9 - Partículas Inaláveis (PI)¹ - médias aritméticas anuais² (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1990 a 1998



1. Partículas menores que 10 micra.
2. As estações Santana e Centro não têm dados para todos os anos, portanto, só entraram na média aritmética anual nos períodos em que existiam dados. Além disso, segundo a CETESB (1999) os dados de todas as estações, em 1996, não atendem aos critérios de representatividade.

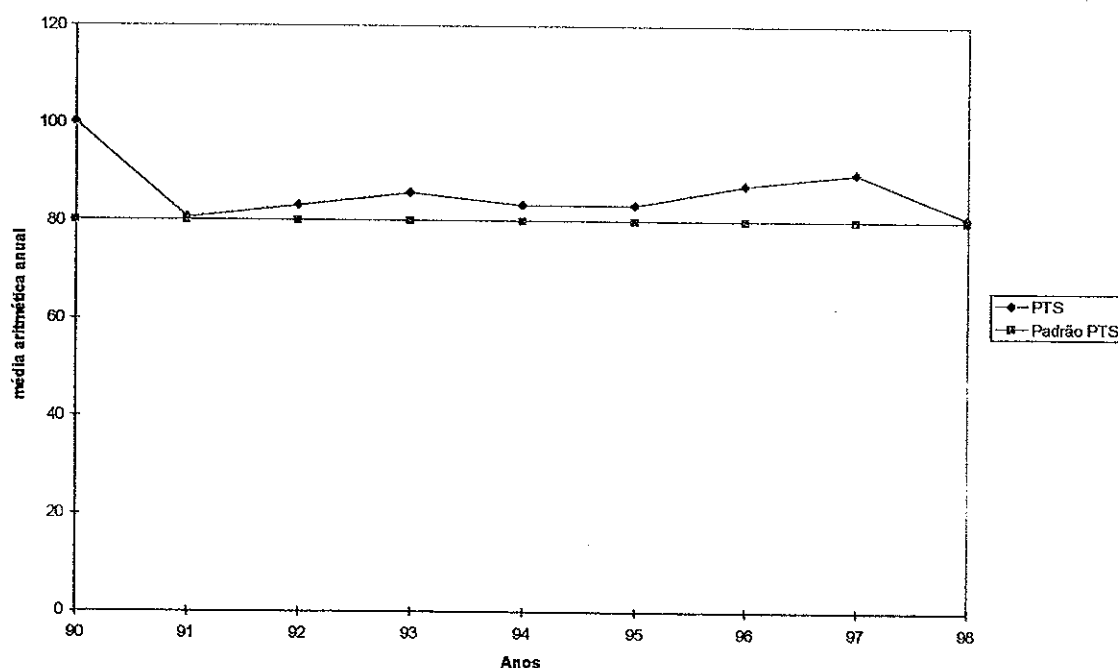
Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

¹⁸ Vide capítulo 2.

A tendência, a partir de 1995, período em que se iniciou o rodízio de veículos, é de queda nos teores das partículas finas, mas algumas estações, como a da Lapa e São Miguel Paulista, mantêm, isoladamente, níveis elevados deste poluente.

Em relação às partículas totais em suspensão (entre 10 e 100 micra), sua média geométrica anual vem se aproximando cada vez mais dos padrões (gráfico 10), mas existem casos de estações problemáticas, como as do Parque D. Pedro II, Cerqueira César e Santo Amaro, sendo que esta última teve uma elevação nos níveis desse poluente no ano de 1998. Nas outras estações a tendência foi de queda.

Gráfico 10 - Partículas totais em suspensão (PTS)¹ - uma amostra de 24 h a cada 6 dias - média geométrica anual² (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1990 a 1998



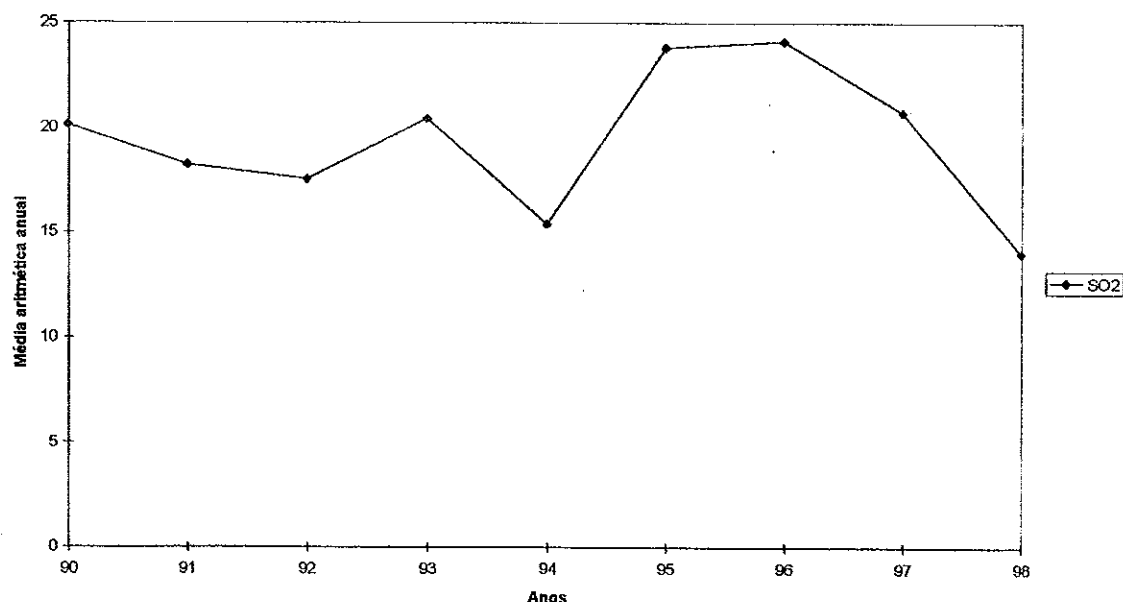
1. Partículas menores que 100 micra.
2. Entraram na média dados das estações Parque D. Pedro II, Ibirapuera, Santo Amaro, Pinheiros, Penha e Cerqueira César, sendo que estas duas últimas estações não têm dados de alguns anos.

Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

O perfil das concentrações do dióxido de enxofre foi colocado neste trabalho somente para ilustração da distribuição de seus níveis ao longo do tempo (gráfico 11), uma vez que o padrão nacional de qualidade do ar estipula um valor para a média aritmética anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mas as médias das estações ficam em torno de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nenhuma estação ultrapassou os padrões ao longo do período estudado.

A estação de Congonhas é a que tem apresentado maiores níveis desse poluente, mas, mesmo assim, mostra uma tendência de queda. Podemos afirmar, que o programa desenvolvido pela CETESB, desde o início dos anos 1980, junto às empresas responsáveis pelos maiores níveis de emissão e à Petrobrás, visando mudanças tecnológicas e produção de combustíveis mais limpos, conseguiu alcançar sua meta, e deveria ser tomado como exemplo de eficiência para o combate dos altos níveis de outros poluentes.

Gráfico 11 - Dióxido de enxofre (SO_2) - média aritmética anual (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1990 a 1998



Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

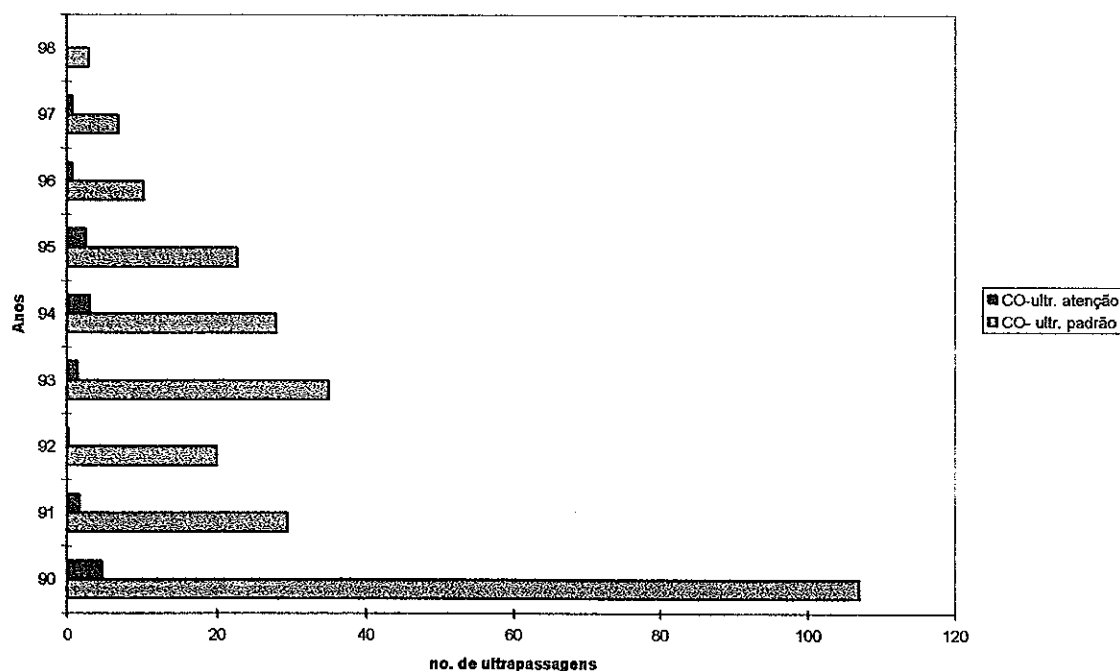
O monóxido de carbono, durante o período analisado, foi medido em oito estações da capital paulista, mas o problema é que existem falhas nas medições,

em alguns locais esse poluente deixou de ser medido por vários anos. As únicas estações com medições em todo o período que vai de 1990 a 1998 foram as de Cerqueira César e Centro. A falta de dados em outras estações, não permite uma análise completa da situação desse poluente na cidade de São Paulo.

Optou-se por estudar o número de ultrapassagens do padrão nacional de qualidade do ar e do estado de atenção para o monóxido de carbono, visto que, essas ultrapassagens ocorreram diversas vezes em praticamente todas as estações analisadas.

Pode-se observar (gráfico 12), que estas ultrapassagens foram diminuindo ao longo do tempo, pois, em 1990 a situação era muito pior do que em 1998.

Gráfico 12 - Monóxido de carbono (CO) - média aritmética anual¹ das ultrapassagens do padrão nacional de qualidade do ar² e do estado de atenção³ - 1990 a 1998



1. As médias foram calculadas com dados das estações Parque D. Pedro II, Móoca, Ibirapuera, Congonhas, Cerqueira César, Santo Amaro e Centro, sendo que somente as estações Cerqueira César e Centro têm medições para todos os anos.

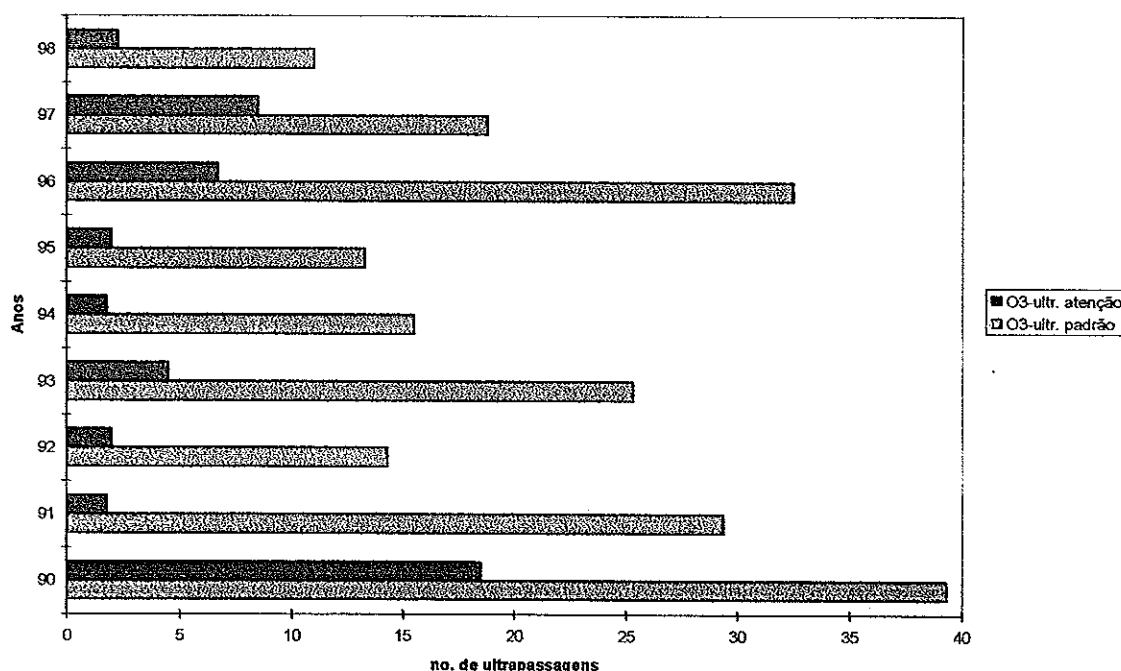
2. Acima de 35 ppm (partes por milhão) em 1 hora.

3. Acima de 15 ppm em 8 horas.

Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

Em relação ao ozônio, optou-se, também, por analisar o número de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar e do estado de atenção. No gráfico 13, podemos notar que, apesar de ter ocorrido alguma diminuição no número de ultrapassagens, talvez este seja o poluente em situação mais difícil de ser controlada na cidade de São Paulo, já que, não é uma substância emitida diretamente por fontes móveis ou fixas, mas sim formada por reações químicas que ocorrem na atmosfera entre hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e oxigênio, na presença de luz solar. Por isso, os maiores picos de ozônio ocorrem durante o verão. Para diminuir a quantidade de ozônio produzida, tem-se que diminuir a concentração das outras substâncias na atmosfera.

Gráfico 13 - Ozônio (O_3) - média aritmética anual¹ das ultrapassagens do padrão nacional de qualidade do ar² e do estado de atenção³ - 1990 a 1998



1. As médias foram calculadas com dados das estações Parque D. Pedro II, Móoca, Ibirapuera, Congonhas, Cerqueira César, São Miguel Paulista e Centro, sendo que somente as estações Parque D. Pedro II, Móoca e Congonhas têm medições para todos os anos.

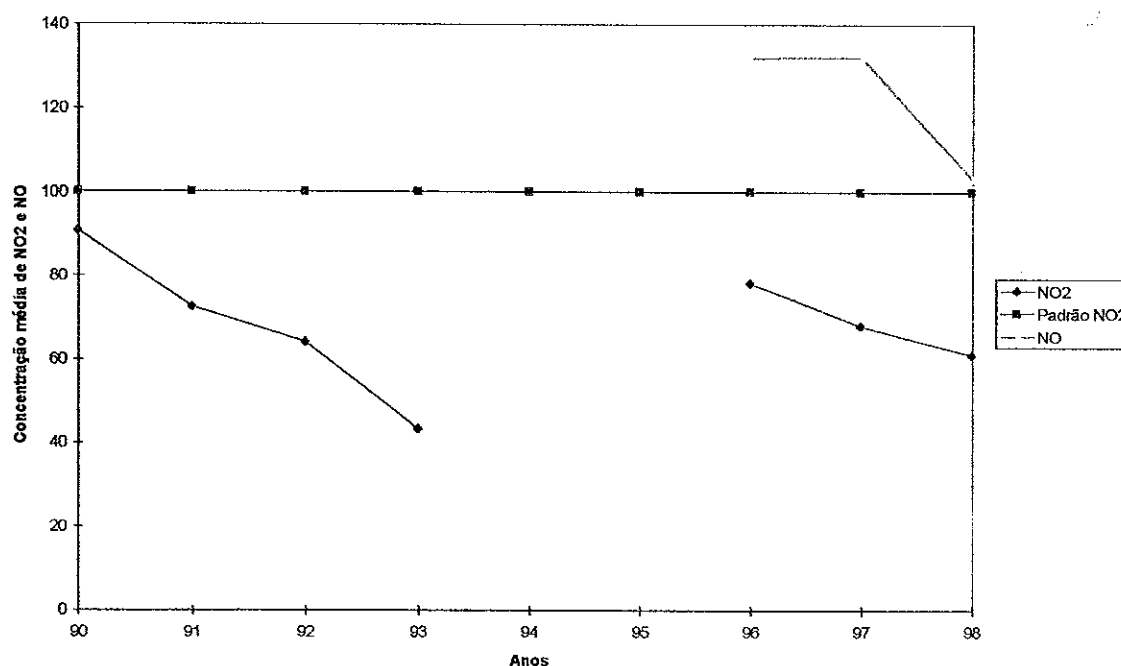
2. $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1 hora. Este valor não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

3. $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1 hora (legislação estadual).

Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

A estação que mais ultrapassa os padrões de emissão e o estado de atenção do ozônio é a do Ibirapuera. Situação preocupante, uma vez que nessa região fica localizado o Parque do Ibirapuera, local onde as pessoas fazem exercícios físicos. Altas concentrações desse gás corrosivo faz com que haja, além de outros danos, uma diminuição da capacidade pulmonar e as pessoas que mais sentem seus efeitos são as que têm problemas respiratórios ou as que praticam alguma atividade física.

Gráfico 14 - Monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂) - média aritmética anual¹ (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1990 a 1998



1. As médias de NO foram feitas com dados das estações Parque D. Pedro II, Ibirapuera, Cerqueira César, Congonhas, Lapa e Centro. As médias de NO₂ incluíram dados da estação Móoca, além das outras já citadas.

OBS: a legislação nacional não determina um padrão para emissão de monóxido de nitrogênio (NO).

Fonte: CETESB (vários números), elaboração própria.

Nas medições do monóxido e dióxido de nitrogênio, vistas no gráfico 14, não existem dados para todos os anos, mas as informações são suficientes para

perceber que as médias aritméticas anuais de dióxido de nitrogênio se encontram abaixo dos padrões de qualidade do ar.

Em relação ao monóxido de nitrogênio, não existem padrões de emissão definidos pela legislação, mas se tomarmos como base os padrões do dióxido de nitrogênio, veremos que os níveis dessas substância se encontram em patamares relativamente altos, apesar da tendência de queda.

Essas substâncias são importantes (monóxido e dióxido de nitrogênio), uma vez que são precursoras do ozônio, e as autoridades de proteção ambiental devem tomar medidas visando sua redução.

As estações Congonhas e Lapa são as que têm os maiores níveis de emissão de monóxido de nitrogênio.

Ao longo dos anos, foram sendo elaborados programas para reduzir a quantidade de poluentes na atmosfera, alguns deles foram mais eficientes que outros, mas uma tendência que se pôde observar, foi de redução no nível de todos os poluentes, apesar de algumas estações terem problemas específicos com alguns deles. Cabe lembrar, que o ano de 1998 foi atípico, com condições climáticas extremamente favoráveis para a dispersão de todas as substâncias da atmosfera, portanto, seria necessário verificar dados de mais alguns anos para podermos concluir se essa tendência vai persistir ou não.

CAPÍTULO IV

VALORAÇÃO AMBIENTAL

Se partirmos do princípio do desenvolvimento sustentável, que diz que devemos utilizar os recursos sem comprometê-los para as gerações futuras e da questão da limitação destes, principalmente dos bens e recursos ambientais como ar, água, etc, estaremos envolvidos num processo de escolha. A análise custo-benefício, apesar de todos os problemas de mensuração, auxilia nesta escolha.

Os agentes econômicos têm motivação para influenciar nas questões do meio ambiente, porque a escolha dos instrumentos de políticas ambientais a serem implementados tem como uma de suas consequências alterações na distribuição de renda (Aidt, 1998).

Apesar disso, existem problemas como o da poluição, em que há uma colisão entre os interesses corporativos e sociais. Estes casos são mais difíceis de serem resolvidos. Quando o México iniciou o rodízio de automóveis, em 1989, muitas pessoas reagiram comprando carros mais velhos e com maior emissão de poluentes. Normalmente, quando os indivíduos são banidos de alguma coisa, eles têm uma tendência maior de tentar contornar a situação e burlar as regras. A grande dificuldade se encontra em conciliar os diferentes interesses e pontos de vista envolvidos (Economist, 1999).

De acordo com o Economist (1999, p. 26), "...it is hard to compare the social benefit of environmental protection with the cost of that protection; hard to judge the best way for governments to intervene; hard to be sure, in some cases,

even of facts, such as the rate of species loss or of deforestation, let alone how to interpret them.”.

É mais fácil decidir quando estamos tratando com bens e serviços puramente privados do que quando tratamos com qualidade ambiental. Neste último caso, as relações são muito mais complexas. Para que sejam feitas comparações de bens não precificados pelo mercado, temos antes que estabelecer-lhes um valor. Foi com essa finalidade que a economia do meio ambiente desenvolveu técnicas de valoração ambiental, que nada mais são do que técnicas da análise custo-benefício aplicadas para a questão do meio ambiente, as quais serão descritas a seguir.

De acordo com Serôa da Motta (1998), o valor econômico total (VET) dos bens e serviços ambientais é dividido em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU).

$$\text{VET} = \text{VU} + \text{VNU}$$

O valor de uso é composto pelo valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO). O valor de não-uso (VNU) consiste no valor de existência (VE), portanto,

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VE}$$

Oyarzun (1994) inclui o valor de opção (VO) dentro do valor de não-uso (VNU), juntamente com o valor de existência (VE). Alguns autores consideram ainda o valor de quase-opção (VQO), que consiste no benefício de reter um recurso para que haja a possibilidade de seu uso futuro, partindo da hipótese de que haverá aumento do conhecimento científico, técnico, econômico e social em relação a esse bem (Nogueira & Medeiros, 1997). Este tipo de valor não será considerado neste trabalho.

A visão aqui utilizada será a de Serôa da Motta (1998), descrita acima. Para explicarmos o que significam cada um dos componentes do valor econômico

total (VET), tomaremos como exemplo uma floresta. O seu valor de uso direto (VUD) seria constituído pelos benefícios referentes a extração de seus recursos (sementes, frutos, minérios, etc) e pelos benefícios diretos que os indivíduos poderiam obter através da sua visitação. O valor de uso indireto (VUI) corresponde às funções ecológicas da floresta, como colaboração para a estabilidade climática, manutenção da biodiversidade, proteção do solo, etc.

No valor de opção (VO) deve ser mensurado o que os indivíduos atribuem de preço para que a floresta seja preservada e seja garantido seu uso futuro. As pessoas atribuem um valor à floresta pensando na sua conservação e nos produtos que poderão ser extraídos futuramente, como alguns remédios para doenças atualmente incuráveis que ainda não foram descobertos. Na realidade, as pessoas não sabem se novos produtos poderão ser extraídos daquela floresta, mas elas resolvem preservá-la para não correr riscos futuros de destruir alguma coisa importante.

O valor de existência (VE) está relacionado à questões éticas, culturais ou morais de preservação. Os indivíduos não escolhem preservar a floresta porque vão utilizar seus produtos direta ou indiretamente (VUD e VUI) ou pretendem visitá-la no futuro (VO), mas simplesmente porque estes acham que é importante mantê-la e não querem ser responsabilizados no futuro pela sua destruição (Pearce, 1993; Serôa da Motta, 1998).

Como vimos, o valor econômico total (VET) de um recurso ambiental inclui seu valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI), valor de opção (VO) e valor de existência (VE), mas, algumas vezes, a utilização de um recurso para uma determinada finalidade, exclui seu uso para outra. Por exemplo, se parte da floresta for utilizada para atividade agrícola, a maior parte da vegetação nativa daquela área terá que ser retirada, a menos que se utilize técnicas de manejo que preservem a cobertura vegetal local.

Cabe primeiro ao pesquisador que irá valorar, verificar quais são os conflitos de uso do recurso ambiental em questão e depois utilizar as técnicas que mais se adequem à valoração.

É importante lembrar, que a única técnica descrita a seguir que consegue captar todos os tipos de valor é a valoração contingente. As outras técnicas são complementares umas às outras e devem ser escolhidas de acordo com o objeto de estudo e o que se deseja valorar.

Os métodos de valoração são divididos em métodos da função produção e métodos da função demanda.

4.1. MÉTODOS DA FUNÇÃO PRODUÇÃO

Os métodos da função produção incluem métodos de produtividade marginal, de mercados de bens substitutos (custo de reposição, gastos defensivos ou custos evitados e custos de controle) e de custos de oportunidade.

Método da produtividade marginal

Esta técnica capta somente o valor de uso direto (VUD) e o valor de uso indireto (VUI). Através deste método, estabelece-se uma relação entre determinada função produção e a alteração de um bem ou serviço ambiental. Para isso, tem-se que conhecer a correlação existente entre estes, construindo uma função de dano ambiental ou função dose-resposta.

Esta função relaciona o dano de um bem ou serviço ambiental e o efeito deste sobre a produção de determinado bem ou sobre os seres vivos. Por exemplo, se há poluição do ar, quais seriam os efeitos desta para a saúde das pessoas. Uma função dose-resposta pode estimar estes efeitos.

Existem dificuldades para a utilização desta técnica, devido à escassez de dados e à falta de maior conhecimento científico sobre a complexidade das relações que envolvem os problemas ambientais e seus efeitos.

Se já existe uma função dose-resposta sua utilização é barata, mas se ela tem que ser estimada, necessita da manipulação de longas séries de dados, o que acaba sendo custoso. Além disso, ela é específica para determinada região, pois,

estabelece relações entre causas e efeitos e estas relações mudam de acordo com fatores como localização geográfica, resiliência do meio¹⁹, etc.

Métodos de mercado de bens substitutos

Quando o bem ou serviço ambiental é um substituto de um bem privado, pode-se estimar o seu valor através do preço de mercado do bem privado. Esta determinação indireta do valor econômico é o preço-sombra de um bem ou serviço ambiental.

Serôa da Motta (1998) coloca como exemplo, o caso da poluição da água das praias, que prejudica a recreação. As pessoas podem substituir esta forma de lazer gratuita pela maior utilização de piscinas ou outras formas de compensação.

As três técnicas de valoração baseadas em mercados de bens substitutos são apresentadas a seguir:

CUSTO DE REPOSIÇÃO

É o método onde há mensuração dos gastos para tentar recuperar ou substituir a quantidade de bens e serviços anterior, cuja alteração de provisão foi causada pela deterioração de bens e serviços ambientais. É o caso dos gastos com construção de piscinas públicas para oferecer alternativas à população, devido à poluição das praias ou os custos com fertilizantes para recuperar a produtividade de solos degradados.

GASTOS DEFENSIVOS OU CUSTOS EVITADOS

Representa os gastos para se defender dos efeitos causados pela degradação do meio ambiente ou os custos que seriam evitados caso não houvesse determinado problema ambiental. Por exemplo, os gastos com medicamentos para amenizar os efeitos de doenças causadas por poluição do ar

¹⁹ 19 Capacidade de absorção e dispersão dos poluentes.

ou os gastos com água tratada para substituir a água fornecida, originária de mananciais poluídos.

CUSTOS DE CONTROLE

São os gastos necessários para evitar a deterioração dos bens e serviços ambientais, como os custos com coleta, disposição e tratamento adequado do lixo urbano para que evite a disseminação de doenças, a contaminação de lençóis freáticos e do solo ou gastos com diminuição de congestionamentos e outras medidas que visem a redução da poluição do ar.

Método de custo de oportunidade

Mensura os custos incorridos por uma escolha em detrimento de outra, ou melhor, o método estima a renda sacrificada com determinadas atividades econômicas para que possa haver preservação ambiental. É o caso de áreas que deixam de ter produção agropecuária para que sejam transformadas em reservas biológicas ou parques nacionais, por exemplo.

Os métodos de bens substitutos supõem a existência de substitutibilidade perfeita entre os bens, mas, na maioria das vezes, isto não ocorre. Não é correto afirmar que o uso de medicamentos vai reestabelecer totalmente o bem-estar de um indivíduo que sofra com doenças causadas por poluição do ar ou que o uso de uma piscina terá o mesmo efeito que a recreação em praias não poluídas.

Através do método de produtividade marginal, só conseguimos captar o valor de uso direto (VUD) e indireto (VUI) de um bem ou serviço ambiental, enquanto as técnicas de mercados de bens substitutos, quando incorrem em substitutibilidade perfeita, conseguem, às vezes, estimar também o valor de opção (VO), mas não o valor de existência (VE). O método de custo de oportunidade não valora o bem ou serviço ambiental. É uma técnica utilizada para dar uma noção do benefício econômico que deixou de ser obtido para que possa haver preservação.

Como esses métodos são baseados em mensuração de preços determinados pelo mercado, são bastante utilizados e mesmo que, na maior parte das vezes, não captem o valor de opção (VO) e não consigam mensurar o valor de existência (VE), este fato não restringe seu uso, visto que, mesmo sem esses valores, se torna possível fazer escolhas e tomar decisões de investimentos (Pearce, 1993; Serôa da Motta, 1998).

As funções dose-resposta necessitam que se estabeleça relações corretas entre a degradação do meio ambiente (dose) e seus impactos (resposta), valorando o impacto final através do mercado ou do preço-sombra. O grande problema deste método é que necessita que o pesquisador tenha conhecimentos específicos sobre o assunto a ser tratado e manipule longas séries de dados, o que o torna extremamente trabalhoso, pois, estas informações têm que ser coletadas em diversos locais, tornando custoso o processo. Fora esses fatores, as relações entre a degradação do meio e seus impactos ainda não são bem conhecidas, portanto, mesmo que haja um grande esforço por parte do pesquisador, a função dose-resposta estimada pode não reproduzir exatamente o que ocorre no meio. Além disso, este tipo de função é específica e deve ser novamente estimada, cada vez que tiver que ser utilizada para regiões com condições geográficas ou climáticas diferentes. Devido a todos esses problemas, dos métodos de valoração através da função produção, este é o menos utilizado.

4.2. MÉTODOS DA FUNÇÃO DEMANDA

Estes métodos assumem que as alterações na quantidade e qualidade de um bem ou recurso ambiental modificam o bem-estar dos indivíduos. Mede-se a disposição a pagar (DAP) e a aceitar (DAA) das pessoas que sofrem os efeitos dessas mudanças, de acordo com a definição dos direitos de propriedade.

Estão inseridos nos métodos de função demanda a determinação de preços hedônicos e custo viagem (métodos dos bens complementares) e a valoração contingente.

Métodos de mercados de bens complementares

Neste caso, utiliza-se o preço de mercado de bens e serviços privados complementares para atribuir valor a bens e serviços ambientais. Afirma-se que dois bens são perfeitamente complementares, quando ambos guardam proporções constantes de consumo entre si. Se isto for verdade, pode-se utilizar informações de um bem para estimar dados do outro. A seguir, apresenta-se, com maiores detalhes, cada uma das técnicas incluídas nestes métodos.

PREÇOS HEDÔNICOS OU IMPLÍCITOS

Este método está, geralmente, relacionado a preços de propriedades. Parte-se do princípio de que propriedades localizadas em regiões diversas estarão sujeitas à condições ambientais diferentes (qualidade da água, poluição do ar, proximidade de áreas verdes, etc). As pessoas atribuem um valor para cada uma dessas condições, através das diferenças de preços entre as propriedades. Para identificar esse valor, deve-se comparar preços de propriedades idênticas com disponibilidade de bens e recursos ambientais diferente, mas para que isso seja feito corretamente, deve-se estimar uma função, determinando quais as diferenças de preços causadas por variáveis como renda, grau de criminalidade, oferta de meios de transporte e outros fatores (Cornes & Sandler, 1996; Serôa da Motta, 1998).

Através dos preços implícitos, consegue-se valorar mudanças no grau de mortalidade e morbidade, causadas por riscos ambientais, levando-se em conta o adicional de insalubridade dos salários (Pearce, 1993).

Este tipo de valoração consegue captar o valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e o valor de opção (VO).

A determinação do preço hedônico, via valor de propriedades, requer um trabalho intensivo em termos de coleta de dados, que incluem desde variáveis sócio-econômicas como renda, educação, criminalidade, até fatores técnicos como tamanho das propriedades, qualidade do ar e da água, etc.

Serôa da Motta (1998) sugere que a análise seja feita utilizando-se o preço de aluguéis e não o valor das propriedades, para evitar que se faça uso de preços subestimados, uma vez que parte das pessoas não declaram o valor real do imóvel por razões fiscais. Além disso, o autor afirma que, às vezes, o preço de venda da propriedade já incorpora melhorias futuras e utilizando-se o valor dos aluguéis estaria-se evitando também este tipo de problema.

CUSTO VIAGEM

Neste caso, parte-se do pressuposto de que o custo de se deslocar até o local (custo viagem) é igual ao custo de visitação de determinado sítio natural. Quanto maior for a distância a ser percorrida, maior será o custo e menor o número de visitas.

Tem-se que relacionar o custo de deslocamento e tempo de estadia com outras variáveis como renda, educação, etc, para poder determinar o grau de importância e o benefício gerado por aquele local, estimando por vias indiretas o quanto ele vale. Normalmente, todos esses dados são obtidos através de aplicação de questionário para uma amostra de visitantes da região.

De acordo com Cornes & Sandler (1996, p. 518), "...the existence of substitute or near-substitute sites (those with similar characteristics packages) must also be acknowledged when using the travel-cost method to estimate the demand for a specific site...".

No custo viagem estão incluídos os gastos com deslocamento e também o valor cobrado para entrar no local, portanto, definindo-se uma função com todas essas variáveis, se torna possível estimar, por exemplo, qual será o número de visitantes de um parque nacional, caso o preço da entrada tenha uma variação de X.

Como são aplicados questionários somente para os visitantes do local, consegue-se contabilizar apenas o seu valor de uso direto (VUD) e valor de uso indireto (VUI).

Cabe lembrar, que dependendo do meio de transporte utilizado, os custos de viagem irão variar. O mesmo ocorre com o tempo gasto no percurso. Além disso, a pessoa pode aproveitar a viagem e visitar vários locais ao mesmo tempo (Serôa da Motta, 1998).

Valoração contingente

Esta técnica é desenvolvida através da aplicação de questionários para uma amostra da população que está sendo afetada ou não pelos danos ou benefícios causados por determinado bem ou serviço ambiental.

Segundo Cornes & Sandler (1996), esta técnica visa construir um mercado hipotético para bens públicos e é extremamente útil para designar um preço à bens e serviços que não têm como ser valorados pelo mercado. Um exemplo citado pelos autores é o de uma paisagem, cuja visibilidade está sendo prejudicada pela poluição do ar.

Para aplicar corretamente esta técnica, os questionários têm que perguntar dados gerais dos entrevistados como renda, nível de escolaridade, etc, mas também o quanto que as pessoas estariam dispostas a pagar²⁰ para que haja a solução do problema ambiental em questão ou quanto estariam dispostas a receber²¹ como indenização pelos danos causados.

A escolha entre perguntas de disposição a pagar (DAP) e a aceitar (DAA) depende da definição dos direitos de propriedade. Se partirmos do pressuposto de que os direitos de propriedade são dos indivíduos que estão sendo atingidos por determinado problema ambiental, e que seria o governo ou outros agentes envolvidos que teriam que indenizá-los, então o questionário deverá incluir uma questão sobre a sua disposição a aceitar (DAA). Porém, se a hipótese for de que a posse dos direitos de propriedade não pertence às pessoas atingidas, mas sim ao governo, que receberia um determinado valor da população e se encarregaria de resolver ou amenizar o problema, a pergunta a ser incluída deve ser a da disposição a pagar (DAP). Os resultados empíricos apontam que, normalmente, a

²⁰ Disposição a pagar (DAP).

²¹ Disposição a aceitar (DAA).

disposição a aceitar (DAA) atinge valores maiores do que a disposição a pagar (DAP).

Este é o único método que capta o valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI), valor de opção (VO) e valor de existência (VE) de um bem ou serviço ambiental, mas para que isso ocorra, as perguntas têm que ser elaboradas de forma adequada.

O maior problema que ocorre com a aplicação dos questionários é que, uma grande parte das vezes, os entrevistados desconhecem todos os custos gerados pela deterioração dos ativos naturais ou os benefícios que teriam com a preservação de determinada área.

A literatura aconselha que, antes de iniciar o questionário, se esclareça resumidamente do que trata a pesquisa e sua importância. As perguntas devem ser elaboradas de forma que induzam os indivíduos a perceber como o bem ou serviço ambiental que está sendo valorado, o afeta positiva ou negativamente. Alguns pesquisadores elaboram filmes ou se utilizam de fotos para auxiliar no esclarecimento das pessoas envolvidas.

Para que se tenha certeza de que o questionário está claro, a bibliografia recomenda que seja realizada uma pesquisa-piloto com um pequeno número de pessoas, para testar as perguntas.

Após definir o objeto de estudo, se será escolhida a análise de disposição a pagar (DAP) ou a aceitar (DAA), a amostra na qual será aplicado o questionário e o tipo de pagamento²² ou indenização que será utilizado, deve-se decidir como será abordada a questão do valor. Existem algumas opções:

a) Lances livres ou forma aberta: se a escolha for esta, inclui-se uma única questão de quanto a pessoa estaria disposta a pagar ou a receber e o valor do bem ou serviço ambiental é estimado pela média dos valores obtidos. Este tipo de procedimento vem sendo substituído por cartões com diferentes valores, em que o entrevistado escolhe o que mais lhe convém, ou os jogos de leilão²³, onde

²² Através de impostos, taxas e tarifas mensais ou anuais, doações, cobrança direta pelo uso, etc.

²³ *Bidding games*.

determina-se um valor inicial que vai sendo alterado até ser aceito pelo entrevistado.

b) Referendo (escolha dicotômica): pergunta-se para o indivíduo se ele está disposto a pagar ou a receber um valor X e esse valor vai sendo alterado ao longo da amostra.

c) Referendo com acompanhamento: é feita a pergunta “- Você estaria disposto a pagar (ou a receber) um valor X ?”. Se a pessoa disser que não, ela é questionada se estaria disposta a pagar (ou a receber) metade de X . Se a resposta inicial for sim, será perguntado se ela concorda com o valor $2X$ e assim por diante, até achar o valor limite estabelecido pelo entrevistado.

Podem ser feitas entrevistas pessoais, pelo correio ou por telefone, mas as primeiras são mais recomendadas, apesar dos custos e da necessidade de treinamento do pessoal envolvido.

As respostas dos entrevistados dependem de fatores como renda, educação e outras variáveis sócio-econômicas que têm que ser consideradas na estimação dos valores.

Segundo Serôa da Motta (1998), quando os entrevistados conhecem bem o objeto de estudo e falam a verdade, a valoração contingente é o método ideal de valoração. A diferença básica deste método em relação aos outros de função demanda (preço hedônico e custo viagem), é que o primeiro consiste numa valoração *ex-ante*, isto é, se revela a intenção de pagamento ou recebimento, enquanto, nos outros casos, a valoração é feita *ex-post*, porque reflete números de uma situação que já ocorreu.

4.3. CRÍTICAS

Söderbaum (1987)²⁴ critica a visão econômica neoclássica, que trata as questões ambientais do ponto de vista das externalidades, nível ótimo de poluição, preço-sombra, disposição a pagar e de outros elementos da análise custo-benefício, cuja ênfase é para o mercado e preços. Para ele, esta visão é extremamente simplista, pois, deveria incorporar outros fatores como a questão das instituições, da multidisciplinaridade, etc.

Segundo o autor, o estudo do meio ambiente tem que levar em consideração suas seguintes características:

- os problemas são multidimensionais e multidisciplinares, ao invés de terem somente uma dimensão ou serem limitados a uma única área de pesquisa;
- inclui bens e serviços monetários e não-monetários;
- qualquer deterioração de recursos não-monetários como o bem-estar humano, as relações sociais, ecossistemas, etc, leva, geralmente, a danos irreversíveis ou difíceis de se tornarem reversíveis, por exemplo, a extinção de uma espécie;
- os recursos não-monetários são frequentemente únicos ou raros;
- os problemas são multisetoriais, não abrangem apenas um setor da sociedade ou da economia;
- estas questões não envolvem somente os atores diretamente relacionados com as transações de mercado, mas também, para identificar os atores envolvidos, tem-se que definir outros fatores como, por exemplo, de quem são os direitos de propriedade;

²⁴ Autor institucionalista.

- os problemas ambientais, normalmente, abrangem uma vasta expansão territorial, que extrapola fronteiras de municípios, estados ou até mesmo países;
- uma grande parte dos problemas envolve incerteza e riscos e
- as discussões sobre questões ambientais englobam conflitos de interesses e ideologias na sociedade.

Para Söderbaum (1987), o ideal seria que a análise de um problema ambiental pudesse contar com a cooperação de pesquisadores de diversas áreas, ao contrário do que normalmente fazem os economistas, que elaboram trabalhos isolados. Ainda de acordo com o autor, a multidisciplinaridade auxilia no suporte de conhecimento científico e informações necessários para uma análise mais adequada dos complexos efeitos relacionados com a degradação ambiental.

Segundo o Economist (1998), a valoração ambiental envolve sérios problemas, porque alguns recursos naturais, como o ouro, têm valor de mercado, mas outros não, por exemplo, uma paisagem. Além disso, os métodos de valoração dos benefícios de controle da degradação do meio ambiente são controvertidos. A ONU sugere que sejam contabilizados os custos de recuperação dos danos, mas alguns tipos de prejuízos, como os relacionados à extinção de uma espécie, não têm como ser valorados. Para os economistas, o que importa é o valor marginal, o custo ou benefício de uma unidade a mais, mas este tipo de valoração cria um problema: fica claro que o valor da destruição de uma espécie, por exemplo, de besouros é alto, mas qual será o valor da destruição de algumas centenas de percevejos? A valoração também envolve outros problemas técnicos: a mesma quantidade de poluição pode ter efeitos diferentes em locais diferentes. Por exemplo, a emissão da mesma quantidade de monóxido de carbono terá efeitos distintos numa grande cidade e numa zona rural, pois, a quantidade de pessoas afetadas irá diferir e também a capacidade de dispersão dessa substância.

Para Portney (1989), não existem dúvidas de que a análise custo-benefício auxilia a tomada de decisões, mas o autor admite que existem efeitos que não têm

como ser valorados. Segundo ele, fatores como considerações políticas, preocupações éticas, etc, são de difícil introdução numa análise custo-benefício, mas têm que ser levados em consideração na elaboração de políticas ambientais.

Ekins *et alii* (1992) aconselha que a análise custo-benefício seja apenas usada como um guia auxiliar na tomada de decisões, e não como análise principal, já que a valoração de bens e serviços ambientais envolve incertezas nos aspectos econômicos e técnicos, devido à complexidade relacionada aos problemas do meio ambiente.

A crítica de Mishan (1976) se dá em relação ao estabelecimento de níveis máximos de tolerância ou padrões de poluição, originários de trabalhos de engenharia social. Segundo o autor, a doutrina liberal rejeita esses métodos, porque o limite superior do grau tolerável de, por exemplo, ruído, pode ser escolhido em função dos conhecimentos técnicos atuais, determinando patamares que evitem danos sobre as pessoas ou as propriedades, mas mesmo assim, esses valores variam de pessoa para pessoa.

Para ele (Mishan, 1976, p. 158), "se o economista liberal rejeita normas de engenharia social, como o nível de tolerância, não ocorre apenas porque é necessariamente arbitrária a escolha de tal nível para a sociedade, mas porque a adoção dessas normas em nome de todos os membros da sociedade contraria a doutrina de que cada indivíduo é o melhor juiz de seus interesses, em especial em assuntos que o afetam intimamente."

CAPÍTULO V

CUSTOS DE NÃO -CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR

Este capítulo tentará aplicar algumas técnicas de valoração ambiental para dimensionar os danos causados pela poluição do ar em São Paulo. Pela abrangência do problema, será abordada somente a questão dos danos para a saúde, uma vez que existem trabalhos anteriores em relação ao tema, alguns feitos por profissionais da área médica e outros da área econômica. Além disso, existe uma facilidade maior de obtenção de dados referentes à saúde.

O primeiro item deste capítulo delimita os danos possíveis. No item 2 é tratada a questão da saúde.

5.1. DELIMITAÇÃO DOS PROBLEMAS CAUSADOS PELA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A seguir são apresentadas algumas das principais perdas causadas pelos poluentes:

- gastos com médicos, remédios e internações;
- diminuição do bem-estar dos indivíduos;
- perdas de dias de trabalho;
- diminuição da produtividade no estudo e no trabalho;
- alterações genéticas;
- morte de fetos (monóxido de carbono);

- mortes prematuras;
- trabalho sacrificado (mortes);
- gastos com recuperação de patrimônio histórico;
- limpeza de residências, prédios e edifícios;
- corrosão de materiais (vidro, metais etc);
- danos à estrutura e fachada dos edifícios (material particulado);
- diminuição do valor das propriedades em locais muito poluídos;
- perdas com a jardinagem;
- queda na produção agrícola;
- mortes e doenças de cabeças de gado;
- diminuição da produção de leite;
- acidificação do solo e dos corpos d'água;
- alterações de visibilidade;
- acidentes de trânsito²⁵ ;
- perdas com turismo;
- chuva ácida;
- destruição da camada de ozônio;
- mudanças climáticas.

5.2. SAÚDE

Neste item, primeiro faremos um apanhado histórico das evidências da relação existente entre poluição atmosférica e aumento de riscos na área de saúde. Depois, incluiremos o modelo de função dose-resposta relacionado à mortes por doenças respiratórias. A seguir, mostraremos a relação encontrada entre internações por doenças respiratórias e as concentrações dos poluentes e na parte final serão calculadas as valorações das perdas relacionadas à questão da saúde e a poluição do ar.

²⁵ Submetidos à altas concentrações de monóxido de carbono, por um longo período, os indivíduos podem perder a concentração, a acuidade visual e o controle das atividades motoras, causando acidentes (vide capítulo 2).

Histórico

Em dezembro de 1873, numa feira agropecuária em Londres, um veterinário notou que, no início do primeiro dia de um *smog* intenso, algumas cabeças de gado estavam apresentando dificuldades para respirar, no final da noite apresentavam evidências de que estavam sofrendo. Ovelhas e porcos não foram afetados.

No dia seguinte, não houve praticamente melhora das condições atmosféricas. O gado estava sofrendo muito, apresentando um quadro febril e uma grande parte dele teve que ser sacrificada. Foi feita uma análise do organismo dos animais e chegou-se ao seguinte laudo: "...the post-mortem appearances were indicative of bronchitis; the mucous membrane of the smaller bronchial tubes was inflamed, and there was present the lobular congestion and emphysema which belong to that disease." (Bates, 1994, p. 7). O autor observa que se, alguns dias antes do ocorrido, alguém afirmasse que os poluentes atmosféricos causariam sérios danos para o gado ou outros animais, esta pessoa não seria levada à sério.

As primeiras evidências de que os poluentes atmosféricos poderiam causar sérios danos para a saúde humana começaram a aparecer em 1930, em Liège, no Vale do Rio Meuse, na Bélgica. No início de dezembro desse ano, houve uma inversão térmica e os moradores da região passaram três dias envolvidos numa nuvem espessa de gases expelidos pelas chaminés de fábricas da vizinhança. O ar poluído provocava tosse, ardência na garganta, no peito, nos pulmões e dificultava a respiração. Muitos animais agonizaram no campo e, após o episódio, o saldo era de cerca de sessenta pessoas mortas, na sua maioria idosas e que já sofriam de problemas cardio-respiratórios e um grande número de pessoas doentes (Pereira, 1999; Honkis, 1977; Mendes, 1993).

No final de outubro de 1948, em Donora, Pensilvânia, região altamente industrializada dos Estados Unidos, houve um caso parecido com o da Bélgica, só que nessa ocasião, cerca de metade da população da área (seis mil pessoas) apresentou algum sintoma de infecção respiratória e vinte pessoas morreram.

Novamente, a causa principal do fenômeno foi uma inversão térmica, que concentrou os gases expelidos na atmosfera, expondo a população à concentrações maiores de poluentes do que de costume (Pereira, 1999; Mendes, 1993).

Em Poza Rica, no México, em 24 de novembro de 1950, vinte e duas pessoas morreram e trezentas e vinte foram hospitalizadas. A indústria local emitiu grandes quantidades de gás sulfídrico e a ocorrência de uma inversão térmica durante a madrugada do mesmo dia fez com que o gás ficasse retido na atmosfera, próximo ao solo, atingindo a população (Pereira, 1999).

O episódio mais famoso registrado pela literatura ocorreu em Londres, entre 5 e 8 de dezembro de 1952. Após quatro dias de um *smog* intenso, causado também por uma inversão térmica, cerca de quatro mil pessoas morreram (vide gráfico 15), principalmente idosos com histórico de doenças cardio-respiratórias. Demorou cerca de duas semanas para o número de mortes diárias voltar para o número médio de duzentos e setenta (Pereira, 1999; Mendes, 1993; Bates, 1994; Böhm, 1998).

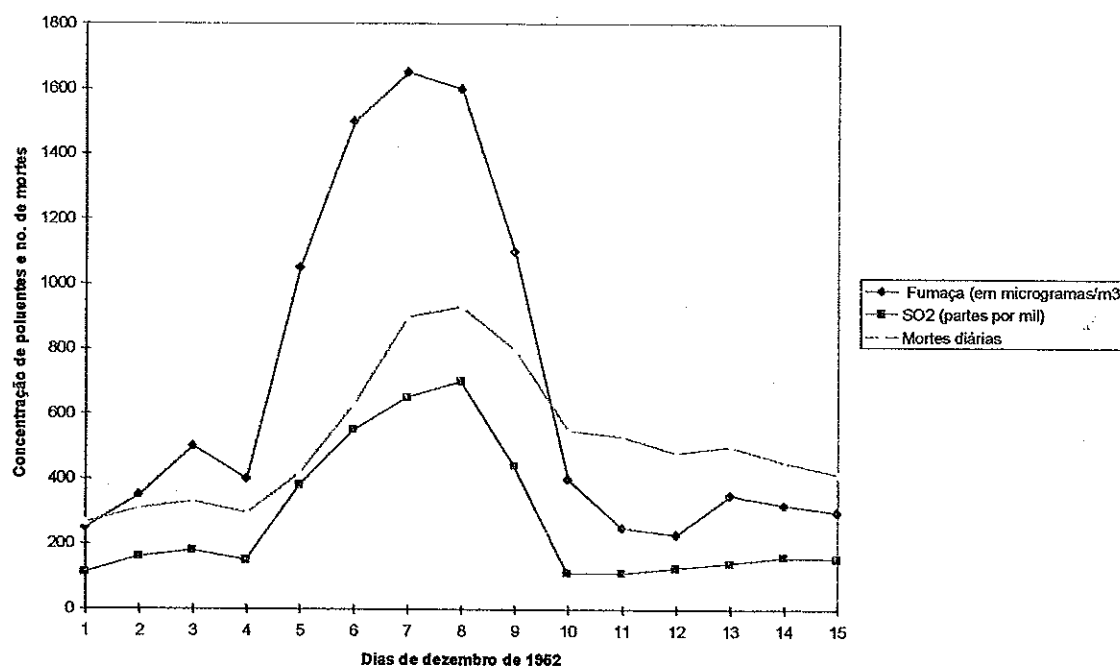
O gráfico 15 mostra o comportamento das concentrações de dióxido de enxofre e fumaça no período que vai de 1 à 15 de dezembro de 1952. Podemos observar, que o aumento no teor desses poluentes na atmosfera está diretamente relacionado com o aumento dos óbitos que ocorreu no período. Além disso, pode-se verificar que após a dispersão dessas substâncias, ainda continuaram ocorrendo mortes acima do número médio diário.

O gado também sofreu as consequências do episódio. Bates (1994) relata que estava havendo uma feira agropecuária do Smithfield Club em Londres e cerca de sessenta cabeças de gado apresentaram sintomas de problemas respiratórios. No final do período, uma cabeça tinha morrido e doze tiveram que ser sacrificadas.

Segundo o mesmo autor (Bates, 1994), a semana que terminou em 13 de dezembro registrou 4.703 mortes. A mesma semana do ano anterior teve um total de 1.852 óbitos. Em relação às internações hospitalares, nessa semana de 1952,

registrou-se 2.007 casos, enquanto na semana equivalente de 1951 foram realizadas 917 internações.

Gráfico 15 - Poluição do ar e mortalidade em Londres em dezembro de 1952



Fonte: Bates, 1994.

O Ministro da Saúde da Inglaterra na época, Iain MacLeod, declarou em relação às mortes: "The cold weather had already caused some increase, but large part of these increases must be attributed to the fog." (Bates, 1994, p. 10).

Os jornais ingleses criticaram duramente o governo britânico da época, por não ter tomado nenhuma atitude preventiva após o episódio e, em julho de 1953, o governo estabeleceu o Beaver Committee. Foi este comitê que conseguiu a aprovação da *Clean Air Legislation* da Inglaterra em 1956.

De acordo com Pereira (1999), os quatro episódios que afetaram a saúde humana apresentaram diversas similaridades, dentre elas:

“- várias pessoas morreram ou ficaram doentes devido ao aumento abrupto das concentrações dos poluentes atmosféricos, tanto industriais como domésticos;

- cada região sofreu um longo período de inversão térmica;
- todas as áreas apresentavam características climáticas e topográficas que propiciavam a formação de neblinas;
- não houve nenhuma mudança nas emissões dos poluentes nestes períodos, exceto em Poza Rica, onde ocorreu uma emissão acidental fora das concentrações previstas;
- as populações mais susceptíveis (idosos e com doenças cardiovasculares prévias) foram as mais atingidas;
- os agentes que causaram as mortes não foram claramente identificados, exceto em Poza Rica.” (Pereira, 1999, p. 04-05).

Algumas outras regiões dos Estados Unidos, além da Pensilvânia, também evidenciaram a ocorrência de aumento de internações por problemas respiratórios, principalmente Los Angeles, na Califórnia, mas a fonte causadora desses danos não era a indústria e sim os automóveis. A frota de veículos da Califórnia cresceu de 3 milhões em 1945, para 7 milhões em 1956. Já em 1949, numa partida final de um campeonato de futebol americano, ocorrida em Berkeley, se notou a relação existente entre as fontes veiculares e o aumento da poluição do ar. Por causa do evento, houve um grande congestionamento na região e uma espessa névoa de poluentes envolveu o estádio, originando mal estar nas pessoas que se dirigiam para lá (Pereira, 1999).

Foram esses episódios drásticos relacionando poluição do ar e saúde humana que influenciaram os pesquisadores a estudar a função dose-resposta existente entre esses dois fatores. Os dois itens a seguir apresentarão alguns resultados dessas pesquisas e também as funções dose-resposta encontradas para a cidade de São Paulo em relação à mortalidade e morbidade.

Mortalidade

Foram feitas diversas regressões múltiplas e lineares, tentando relacionar as mortes por doenças respiratórias com os poluentes, fatores climáticos e variáveis econômicas para a cidade de São Paulo, mas uma grande parte dessas regressões apontou para coeficientes não significativos para uma probabilidade menor do que 5%. Para a realização desses testes, utilizou-se o programa EvIEWS.

Apesar dos diversos trabalhos já feitos (Lichtenfels *et alii*, 1993; Saldiva, 1997; Mendes, 1993), relacionando essas mortes com as concentrações de material particulado, a regressão aqui realizada apresentou também coeficientes não significativos.

A única regressão com t's significativos a uma probabilidade menor do que 5 % encontrada foi:

$$\text{TOTAL} = 1290,0932 + 32,84149 \text{ CO_at01}$$

(54,64) (3,14) Prob. < 5%

$R^2 = 0,5849$ Durbin-Watson = 2,395974

Esta regressão relaciona o número total de mortes por doenças respiratórias (TOTAL) que aconteceram nas áreas referentes à localização da treze estações medidoras de poluentes da cidade de São Paulo com a média das ultrapassagens do nível de atenção de monóxido de carbono (CO_at01) estipulado pelos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.

Todos os dados aqui utilizados se encontram nas tabelas do Anexo 2 e os resultados das regressões no Anexo 3. Utilizou-se de dados anuais que vão do período de 1990 a 1998.

Da equação obtem-se a informação de que a cada ultrapassagem média do estado de atenção para o monóxido de carbono estipulado pelo Padrão Nacional de Qualidade do Ar, ocorrem 33 mortes por doenças respiratórias. O total de mortes que ocorreu ao longo dos anos, as mortes estimadas pela equação e o

número de mortes causadas pelas altas concentrações de monóxido de carbono se encontram na tabela 14.

Tabela 14 - Número de mortes por doenças respiratórias

Ano	No. de mortes por doenças respiratórias	No. de mortes estimado pela equação	No. de mortes causado por altas concentrações de monóxido de carbono
1990	1468	1445	154
1991	1297	1350	59
1992	1365	1301	10
1993	1364	1340	49
1994	1375	1396	105
1995	1375	1376	85
1996	1365	1317	26
1997	1275	1317	26
1998	1250	1290	0

Como podemos observar, o número de mortes causado por altas concentrações de monóxido de carbono oscilou muito no período, mas o número médio de mortes é de 57 pessoas e é esse número que será utilizado para o cálculo do valor do trabalho sacrificado, uma vez que, muitas dessas pessoas que faleceram, poderiam trabalhar ainda durante muitos anos.

Morbidade

Da mesma forma que para os dados de mortes por doenças respiratórias foram realizadas diversas regressões, para os dados de internações por doenças respiratórias realizadas pelo SUS (DOEN) também foram feitos diversos testes, porém, novamente, só apontaram valores significativos quando relacionados com o monóxido de carbono, só que desta vez tanto com o número médio de

ultrapassagens do estado de atenção, como com as ultrapassagens do Padrão de Qualidade do Ar (COTOT). Os dados de internações e concentrações de monóxido de carbono utilizados se referem ao período de 1992 a 1998.

A equação aqui encontrada se encontra a seguir:

$$\text{DOEN} = 42700,69 + 296,01 \text{ COTOT}$$

(24,257) (3,790) Prob. < 5%

R² = 0,74 Durbin-Watson = 2,371

Da equação determinamos, que a cada ultrapassagem média de qualquer padrão de emissão de monóxido de carbono, aumenta-se em 296 o número de internações por doenças respiratórias realizadas pelo SUS.

A informação com o número de internações, as internações estimadas e o número de pessoas internadas referentes a aumentos das concentrações de monóxido de carbono se encontram na tabela 15.

Tabela 15 - Número de internações por doenças respiratórias realizadas pelo SUS

Ano	No. de internações por doenças respiratórias realizadas pelo SUS	No. estimado de internações	No. de internações pagas pelo SUS, originárias de 3 altas concentrações de monóxido de carbono na atmosfera
1992	50785	48710	6009
1993	51295	53505	10804
1994	54514	51936	9236
1995	49930	50219	7519
1996	43472	45986	3286
1997	43403	45010	2309
1998	45556	43589	888

O número médio de internações do período analisado, referente à altas concentrações de monóxido de carbono, é de 5722 internações.

Custos

No caso da mortalidade, devemos mensurar o trabalho sacrificado pelos indivíduos que morreram. Para isso, considerou-se a porcentagem de pessoas que morreram por doenças respiratórias com mais de 60 anos, considerou-se a média da tábua de vida do IBGE acima dessa idade e tirou-se a média da mesma tábua de vida para as idades restantes, multiplicou-se pelo peso e chegou-se a um tempo de vida médio de 24 anos. De acordo com dados do IBGE, a renda média da cidade de São Paulo é de 7,16 salários mínimos, portanto, considerando-se essa renda, 24 anos de vida média, uma taxa de desconto de 5% e trazendo-se o dado da renda ao valor presente, teremos um valor da vida média de R\$ 161.447,81 por pessoa morta. Assim, multiplicando-se esse valor pelo número médio de mortes causadas pela poluição do ar anualmente, teremos um valor total de R\$ 9.202.525,10.

Em relação às internações por doenças respiratórias, dados do SUS revelam que o custo médio por pessoa é de R\$ 255,00. Assim sendo, multiplicando-se pelo número médio de internações causadas pelas altas concentrações de monóxido de carbono tem-se um valor de R\$ 1.460.426,00 por ano.

Além disso, o tempo médio de permanência no hospital é de 5,5 dias, supondo-se que 17% do total de internados (Moreira, 1999) seja de pessoas com idades entre 14 e 65 anos, teremos uma perda com os dias trabalhados equivalente a R\$ 173.661,00.

Somando-se esses três valores obtém-se um total de R\$ 10.836.612,00, isso sem contar com outros custos não mensurados, como gastos com consultas médicas ou despesas com remédios, portanto, esse valor calculado se encontra abaixo do custo real, além de não podermos valorar a questão da perda do bem-

estar dos indivíduos e a queda de produtividade tanto no trabalho como no estudo.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS DA VALORAÇÃO CONTINGENTE

Como foi descrito no capítulo 4, a valoração contingente consiste num tipo de pesquisa em que se utiliza questionários e entrevistas para que as pessoas expressem, em termos monetários, o que estariam dispostas a pagar (DAP) para que determinado problema ambiental acabe, sua intensidade seja diminuída ou uma determinada área seja preservada. Existe também a possibilidade de se questionar sobre a disposição a receber ou a aceitar (DAA) para continuar convivendo com determinado problema ou não contar com a preservação de uma área específica.

Não fazia parte do objetivo inicial deste trabalho realizar uma valoração contingente, mas por causa das limitações dos dados e dos outros tipos de valoração aqui utilizados, resolveu-se complementar o trabalho com este tipo de técnica, com a finalidade de observar como as pessoas vêem o problema da poluição do ar em São Paulo.

Em virtude dos custos e do tempo que levaria para aplicar um questionário ou entrevistar pessoas que representassem uma amostra significativa da população da cidade de São Paulo, optou-se por realizar um 'ensaio' de valoração contingente, em que, ao invés de entrevistas foram aplicados questionários. A amostra escolhida foi de alunos universitários do curso de Economia de uma escola localizada na região central de São Paulo, uma das áreas mais afetadas pelos poluentes atmosféricos. No item a seguir se descreve a metodologia utilizada e são fornecidas mais informações sobre a amostra.

6.1. METODOLOGIA

Optou-se por elaborar um questionário de disposição a pagar (DAP), uma vez que é praticamente unanimidade entre a população da cidade de São Paulo que a questão da poluição atmosférica é um dos principais problemas a serem resolvidos nos próximos anos, visto que, em função da disponibilidade dos meios de transporte existentes hoje, as perspectivas para o futuro são de piora nas emissões de poluentes, se medidas não forem tomadas. Por esses motivos, não seria adequado perguntar às pessoas quanto elas estariam dispostas a aceitar (DAA) para continuar convivendo com o mesmo problema.

Foi elaborado um questionário, em que se levou em consideração algumas críticas existentes na bibliografia em relação a esse tipo de pesquisa. Houve uma certa dificuldade de encontrar modelos de questionários em trabalhos de outros autores para que pudessem ser reproduzidos ou adaptados. Após a elaboração do questionário, realizou-se uma pesquisa-piloto com 5 pessoas, professores e professoras, sendo uma delas da área de administração mercadológica (especialista em pesquisa de preços), uma de matemática e estatística e as outras três de economia.

Em função das observações feitas na pesquisa-piloto, o questionário foi modificado (vide anexo 4) e aplicado em salas de aula. A intenção era obter informações pessoais como renda, local de trabalho e moradia, mas também que as pessoas, ao responder o questionário, fossem induzidas a visualizar suas perdas com o problema. Somente no final, foi perguntado a elas o quanto estariam dispostas a pagar para que houvesse redução nas emissões e, conseqüentemente, nos danos causados pela poluição do ar. Como os respondentes estudam na região central da cidade, área intensamente afetada pela poluição, não se utilizou vídeos ou fotos para que se inteirassem do problema, pois, partiu-se do pressuposto de que todos eles, principalmente em função do nível de escolaridade, lêem jornais ou têm acesso a outros meios de comunicação e se encontram informados sobre a questão.

Os questionários foram aplicados em novembro de 1999, com um número de 179 respondentes, mas cerca de 20% da amostra foi excluída da pesquisa, uma vez que não continha dados sobre a renda, apesar de todos terem sido informados sobre a importância desta para o estudo. Restaram 142 questionários completos, sendo que 64 foram respondidos por pessoas do sexo feminino e 78 do sexo masculino.

Em relação à questão da forma de eliciação do valor, apesar da bibliografia recomendar o uso de cartões de pagamento, em que valores iniciais são sugeridos e vão sendo alterados até serem aceitos pelos entrevistados ou a forma de referendo (escolha dicotômica ou referendo com acompanhamento, vide capítulo 4), como não foram feitas entrevistas e sim preenchimento de questionários, a forma mais adequada de se colocar a pergunta, incorporando inclusive sugestões das pessoas que participaram da pesquisa-piloto, foi citar alguns valores aleatórios que iam dobrando e deixar um espaço para outros valores, perguntando inclusive o por quê da escolha.

Seria uma conjugação de lance livre com referendo, que vamos aqui chamar de forma mista de eliciação, uma vez que são sugeridos alguns valores, mas o entrevistado pode optar por outros se assim achar mais adequado, o que ocorreu na maior parte das vezes.

A forma de pagamento escolhida foi a de uma taxa anual, que poderia ser paga por família ou por indivíduo, os entrevistados podiam optar. Como foi feita uma pergunta sobre a renda individual e familiar, nos resultados, todos os dados de disposição a pagar (DAP) foram convertidos para contribuição familiar. O item a seguir apresenta os resultados da pesquisa.

6.2. RESULTADOS

Como já foi mencionado anteriormente, foram aplicados 179 questionários, mas 37 foram excluídos em função de não conter informações sobre a renda individual e familiar. Portanto, os resultados aqui descritos considerarão uma amostra de 142 questionários.

A tabela do Anexo 4 apresenta todos os resultados tabulados. A faixa etária das pessoas entrevistadas variou de 18 à 46 anos, sendo que a média da idade ficou em torno de 22 anos. Em relação à renda familiar, esta oscilou entre R\$ 130,00 e R\$ 20.000,00 e sua média foi de R\$ 4378,00.

O resultado da disposição a pagar (DAP) familiar variou entre R\$ 0,00 e R\$ 350,00. Do total, 51 pessoas (35,9% dos entrevistados) disseram que não estavam dispostas a contribuir monetariamente para que seja possível a diminuição da poluição do ar, alguns porque alegavam que esta é uma tarefa do Estado e eles já contribuem pagando os outros impostos, outros porque dizem não acreditar que o dinheiro arrecadado será gasto para combater a poluição.

A pesquisa pode ter sido influenciada pela propaganda feita, nos meses anteriores, em torno da Teletaxa, contribuição que o Governo do Estado de São Paulo queria cobrar mensalmente nas contas telefônicas para ser aplicado na Segurança Pública, uma vez que vários questionários com resposta nula para a DAP a citavam como exemplo. Pelas respostas, ficou evidente a falta de credibilidade em relação ao Governo, seja ele municipal, estadual ou federal. Muitas pessoas deixaram claro que se pudessem realmente acreditar que o dinheiro seria gasto para resolver o problema da poluição do ar, estariam dispostas a pagar. Algumas sugeriram que não fosse estipulado um valor fixo, mas sim uma contribuição voluntária.

Os valores estipulados no questionário eram de R\$ 25,00, R\$ 50,00, R\$ 100,00 e R\$ 200,00, como pode-se observar nos resultados contidos na tabela do anexo 4, a grande maioria das pessoas colocou outro valor, diferente dos estipulados, o que nos leva a acreditar que a forma de eliciação mista tenha sido a mais adequada para que os respondentes expusessem a sua opinião, uma vez que valores fixos estipulados pela forma de referendo, seja ela por escolha dicotômica ou referendo com acompanhamento, não seria capaz de captar essa diferença de opinião existente entre os componentes da amostra. O valor médio da disposição a pagar (DAP) foi de R\$ 38,00, mas tanto o valor médio da DAP como o da renda familiar sofrerão alguns ajustes no item a seguir, em função das análises econométricas.

6.3. ANÁLISES ECONOMETRICAS

Foram realizadas algumas análises econométricas para estipular a relação da renda familiar com a disposição a pagar. O programa utilizado foi o Eviews. O primeiro modelo de regressão linear simples considerou a disposição a pagar (DAP) como variável dependente e a renda familiar (rendafa) como independente.

$$DAP = \alpha + \beta \text{ rendafa}$$

O resultado dos coeficientes se encontra a seguir:

$$DAP = 14,52 + 0,0053 \text{ rendafa}$$

$$(1,84) \quad (3,76)$$

Prob. < 1%

$$R^2 = 0,09$$

$$\text{Durbin-Watson} = 2,201$$

O t estatístico (entre parênteses) encontrado era significativo e a relação da renda com a DAP era positiva, apesar do R^2 baixo. Em relação à análise do Durbin-Watson (D-W), pode-se afirmar que não existe autocorrelação positiva e negativa. Porém, ao se observar o gráfico dos resíduos, verificou-se que haviam algumas observações que ficavam muito fora da média (*outliers*). Ao todo eram 8, 7 observações para níveis de renda familiar alta e 1 observação com renda familiar mais baixa (vide anexo 4). Essas observações foram retiradas da amostra e foi construído um novo modelo. As variáveis disposição a pagar (DAP) e renda familiar (rendafa) sem os *outliers* passaram agora a ser chamadas de DAPN e RENDAPN, respectivamente. O resultado obtido foi:

$$DAPN = 11,14 + 0,0034 \text{ RENDAPN}$$

$$(2,398) \quad (4,049)$$

Prob. < 2%

$$R^2 = 0,11$$

$$D-W = 1,943$$

Os t 's eram significativos, a associação entre a renda familiar e a disposição a pagar era positiva e a análise do D-W indicava ausência de autocorrelação positiva e negativa, mas, novamente, pela análise dos resíduos, suspeitou-se da presença de heterocedasticidade. Fez-se o teste White e o R^2 calculado era igual a 24,10. Como esse valor era maior do que o R^2 tabelado (7,815), confirmou-se a hipótese de presença de heterocedasticidade.

Segundo Carneiro de Matos (1997, p. 147), "a consequência da heterocedasticidade é que o método dos mínimos quadrados não gera estimativas de parâmetros eficientes ou de variância mínima, o que implica erros-padrões viesados e incorreção dos testes t e F e dos intervalos de confiança."

Portanto, como não se podia desprezar as observações, uma vez que eram resultado da aplicação de um questionário, optou-se por corrigir a heterocedasticidade, usando para isso indicações de Gujarati (1995). O autor sugere que todas as variáveis do modelo, inclusive a constante, sejam divididas pela raiz quadrada da variável independente (RQFAN), no caso, a renda familiar (rendafa). Assim, passamos a ter o seguinte modelo:

$$DAPN/RQFAN = \alpha \cdot 1/RQFAN + \beta \cdot RENDAFAN/RQFAN$$

Após a regressão, obteve-se a equação:

$$DAPN/RQFAN = 3,706 \cdot 1/RQFAN + 0,005 \cdot RENDAFAN/RQFAN$$

(1,241) (5,417) Prob. < 1%

$$R^2 = 0,012$$

$$D-W = 2,123$$

Aplicou-se o teste White e o resultado do R^2 calculado foi de 5,562, como o R^2 tabelado é igual a 11,07, pode-se afirmar que não há mais a presença de

heterocedasticidade (R^2 calculado $< R^2$ tabelado). Para retornar à equação original, Gujarati (1995) sugere que se multiplique todos os estimadores pela raiz quadrada da renda familiar (RQFAN). Os coeficientes a serem utilizados, t 's, D-W e R^2 são os obtidos com a correção da heterocedasticidade, portanto, tem-se:

$$DAPN = 3,706 + 0,005 \text{ RENDAFAN}$$

$$(1,241) \quad (5,417)$$

$$\text{Prob.} < 1\%$$

$$R^2 = 0,012$$

$$D-W = 2,123$$

Esta é a equação final corrigida, onde observa-se a existência de uma relação positiva entre a disposição a pagar e a renda familiar. A análise do teste de Durbin-Watson indica que não há autocorrelação positiva e negativa, ou melhor, não há dependência temporal dos valores sucessivos dos resíduos (Carneiro de Matos, 1997). Apesar da relação positiva, o resultado do R^2 indica que a disposição a pagar varia muito pouco em relação à renda.

Como na regressão linear optou-se por retirar os *outliers*, deve-se corrigir a renda familiar média e a disposição a pagar média da amostra em função da retirada desses valores. Assim, tem-se uma renda média ajustada de R\$ 4.272,00 e uma nova DAP de R\$ 26,00 por família.

Excluindo-se o número de residências com renda familiar abaixo de cinco salários mínimos e multiplicando-se as restantes pelos R\$26,00, teria-se uma arrecadação da ordem de R\$ 29.682.000,00. Se partirmos do pressuposto de que todas as famílias estão dispostas a pagar R\$ 26,00 anualmente, inclusive as de classe de renda mais baixa, então teremos uma arrecadação de cerca de R\$ 66.039.000,00.

Esses valores são bem mais altos do que o de cerca de R\$ 10.000.000,00 resultante da valoração no capítulo 5, mas cabe lembrar que a valoração contingente é o único método de valoração ambiental que consegue captar o valor de existência de um bem ou recurso ambiental, além disso, uma grande parte dos custos não puderam ser mensurados no capítulo 5, portanto, podemos dizer que a

percepção de custos que a população tem em relação à poluição do ar é maior do que os custos captados pelos outros métodos de valoração ambiental.

CONCLUSÃO

Os resultados econométricos encontrados neste trabalho não reproduzem exatamente os resultados encontrados por trabalhos anteriores, uma vez que estes encontraram relações entre as mortes causadas por doenças respiratórias e as concentrações de material particulado existente na cidade de São Paulo. O mesmo se deu em relação à questão das internações por doenças respiratórias.

Foram testadas várias regressões, relacionando variáveis como temperatura, material particulado, partículas em suspensão, mas todas as tentativas resultaram em equações com coeficientes sem significância à probabilidades menores do que 5%.

Outros testes foram realizados, mas a maioria deles apresentou problemas com a significância.

Em relação às mortes por doenças respiratórias, o único poluente que apresentou um relação significativa foi o monóxido de carbono. Para o teste foram utilizados dados do número médio de ultrapassagens do estado de atenção estabelecido pelo Padrão Nacional de Qualidade do Ar.

A associação encontrada foi positiva e, em média, ocorreram 34 mortes por causa de cada ultrapassagem média do estado de atenção para o monóxido de carbono.

Já no caso das internações por doenças respiratórias realizadas pelo SUS, a melhor regressão obtida foi a que relacionava essa variável com o número médio de ultrapassagens do estado de atenção e dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, resultado este coerente, porque nos fornece a informação de que níveis razoavelmente elevados de monóxido de carbono podem causar doenças respiratórias, mas a ultrapassagem do estado de atenção, nível este mais elevado de concentração, pode primeiro provocar ou agravar doenças respiratórias, mas com o tempo, pode provocar o óbito.

As pessoas mais vulneráveis ao monóxido de carbono são os idosos, crianças, pessoas portadoras de doenças cardio-respiratórias e indivíduos expostos, normalmente, a altas concentrações desse poluente, seja por causa do

acreditar em governo de nenhuma instância e por isso não estavam dispostos a contribuir para acabar com a poluição do ar, uma vez que não há nenhuma garantia de que o dinheiro arrecadado será utilizado para combater o problema.

Na verdade, não há como o governo resolver a questão no curto prazo sem que haja o auxílio da população, pois, a melhoria das condições do transporte urbano não ocorre de um dia para o outro, mas sim no médio e longo prazo, com políticas planejadas e bem implementadas. No entanto, as pessoas não têm muita noção da necessidade de sua cooperação. Quando perguntadas se deixariam o seu carro em casa para utilizar outro meio de transporte, a maioria não vê possibilidade nenhuma de que isso ocorra.

Uma pesquisa feita nos Estados Unidos prova que o automóvel é considerado um símbolo de liberdade e, portanto, abrir mão dele é uma decisão muito mais complexa do que parece num primeiro momento. Todos recomendam isso para os outros, mas ninguém quer abrir mão de seu uso, inclusive os políticos que implementam medidas como o rodízio de automóveis, por exemplo.

Apesar de aqui em São Paulo haver perspectivas de piora da situação para os próximos anos, tem-se que levar em consideração que as tecnologias avançam e algumas empresas automobilísticas já vêm desenvolvendo veículos movidos à combustíveis limpos, como é o caso do hidrogênio ou melhorando a *performance* dos motores para diminuir a emissão de poluentes.

Comparando-se o resultado da valoração relativa à saúde com os dados obtidos através da resposta dos questionários, pode-se observar que o valor resultante deste último é maior do que o da primeira situação. Uma explicação para esta diferença de resultados pode ser explicada pelo fato de que a valoração contingente é o único método capaz de captar o valor de existência de determinado bem ou serviço ambiental, além do que, existem diversos custos que não puderam ser mensurados por falta de dados.

De qualquer forma, pode-se afirmar que a percepção dos indivíduos em relação aos problemas causados pela poluição do ar é maior do que os custos estimados pelos métodos tradicionais de valoração ambiental. Isto significa, que

cigarro ou por causa do tipo de trabalho realizado, que pode aumentar os riscos em relação à saúde.

Estudos realizados na região de Embu – SP, mostraram que guardas de trânsito e motoristas de ônibus, mesmo sem fumar, contêm altas concentrações desse poluente ligado à hemoglobina, portanto, são extremamente vulneráveis à concentrações não muito elevadas de monóxido de carbono, sendo que alguns deles apresentam problemas contínuos de dificuldades respiratórias.

O monóxido de carbono forma uma associação estável com a hemoglobina existente no sangue, tendo cerca de duzentas vezes mais afinidade com essa molécula do que o oxigênio. Assim sendo, quando as pessoas são expostas à altas concentrações desse poluente, podem ter sérios problemas de saúde que vão desde falta de ar até perda da acuidade visual ou problemas cardíacos.

É estranho que trabalhos anteriores não tenham encontrado uma relação entre os níveis desse poluente e a questão da saúde, primeiro porque vem ultrapassando os padrões de emissão já há um bom tempo, segundo por causa da gravidade de seus efeitos. Exposições prolongadas à altas concentrações dessa substância em lugares fechados como, por exemplo, túneis, pode causar perda do controle das atividades motoras e gerar acidentes de trânsito.

Era esperado se encontrar alguma relação entre o número de internações por doenças respiratórias e os níveis de ozônio, uma vez que este poluente, principalmente no verão, vem atingindo grandes concentrações, mas não se encontrou um coeficiente significativo à uma probabilidade menor do que 5%.

Essas diferenças encontradas entre os resultados deste trabalho e outros já realizados, pode ser explicada pela agregação dos dados. Neste trabalho foram usadas médias anuais.

O questionário de valoração contingente apresentou uma relação com a renda significativa, mas muito baixa. As respostas podem ter sido influenciadas pela propaganda que era veiculada na TV em relação à Teletaxa (taxa que o governo do estado queria cobrar mensalmente nas contas telefônicas, para cobrir parte dos gastos com Segurança Pública), pois, várias pessoas disseram não

111

o governo deveria dar importância muito maior à solução do problema do que vem dando nos últimos anos.

Não é o intuito deste trabalho apontar o que deve ser feito, muito menos indicar para que as pessoas deixem de lado os resultados de trabalhos anteriores, mas, o que se percebeu foi que as séries de dados são incompletas e os resultados de qualquer pesquisa são muito vulneráveis para serem apontados como verdades únicas. Além do que, cada trabalho usa um tipo de dado diferente em relação aos poluentes. Alguns autores usam os valores médios anuais, outros usam os valores máximos, portanto, torna-se praticamente impossível a comparação dos resultados.

ANEXOS

ANEXO 1

VALORES DE REFERÊNCIAS INTERNACIONAIS DE
QUALIDADE DO AR

Tabela A - Padrões de qualidade do ar adotados pela EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de Medição
partículas inaláveis (MP10)	24h ⁽¹⁾	150	Separação Inercial/Filtro Gravimétrico
	Média Aritmética Anual	50	
(MP 2,5)	24h ⁽¹⁾	65	Separação Inercial/Filtro Gravimétrico
	Média Aritmética Anual	15	
dióxido de enxofre	24h ⁽¹⁾	365	Pararosanilina
	Média Aritmética Anual	80	
dióxido de nitrogênio	Média Aritmética Anual	100	Quimiluminescência
monóxido de carbono	1h ⁽¹⁾	40.000	Infravermelho não Dispersivo
		35 ppm	
	8h ⁽¹⁾	10.000 9 ppm	
ozônio	1h ⁽¹⁾	235	Quimiluminescência
		0,12 ppm	
	8h ⁽²⁾	157 0,08 ppm	
hidrocarbonetos (menos metano)	3h (6h às 9h)	160 0,24 ppmC	Cromatografia gasoso/Ionização de Chama
chumbo	Média Aritmética Trimestral	1,5	Absorção Atômica

ppm = partes por milhão

(1) Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

(2) Uma região atende ao padrão de 8h de O₃ se a média de 3 anos do 4o. valor mais alto (máximas diárias da média de 8h) de cada ano for menor ou igual a 0,08 ppm.

Fonte: CETESB, 1999.

Tabela B - Níveis máximos recomendados pela Organização Mundial da Saúde - 1995

Poluentes	Concentração	Tempo de Amostragem
dióxido de enxofre	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas
dióxido de nitrogênio	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 hora
monóxido de carbono	10 mg/m^3 (9 ppm)	8 horas
ozônio	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 horas

ppm = partes por milhão

Fonte: CETESB, 1999.

ANEXO 2

**TABELAS COM DADOS DOS POLUENTES
ATMOSFÉRICOS, MORTES POR DOENÇAS
RESPIRATÓRIAS, NÚMERO DE INTERNAÇÕES**

Tabela C - Condições metereológicas da cidade de São Paulo - 1990 a 1998

Ano	Frequência dos Sistemas Frontais	Precipitação Pluviométrica (mm) - Mirante de Santana	Dias de chuva - Mirante de Santana	Velocidade Média do Vento (m/s)	Frequência dos dias des-favoráveis à dispersão dos poluentes
90	48	1423,0	139	1,94	55
91	49	1932,0	139	1,97	64
92	58	1647,1	144	1,86	37
93	53	1582,9	152	1,89	57
94	57	1418,7	128	1,94	57
95	66	1961,4	140	1,80	46
96	60	2023,2	158	1,85*	35
97	57	1584,3	139	1,87	37
98	68	1730,4	151	1,84	31

* Sem medição de fevereiro à julho.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela D - Frequência das inversões térmicas por faixas de altitude - 1990 a 1998 - Aeroporto de Congonhas - São Paulo

Ano	0 a 200 m	201 - 400 m	401 - 600 m	+ de 600 m	Total
90	50	105	66	216	437
91	54	87	50	196	389
92	40	80	59	189	368
93	73	89	63	169	394
94	56	92	44	186	378
95	2	15	10	72	99
96	54	63	46	205	368
97	54	54	57	235	400
98	52	71	60	276	459

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela E - Temperatura média mensal em São Paulo (°C) - 1990 a 1998

Mês/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98
jan.	23,1	20,8	23,4*	24,1*	24,5	24,0	23,5	22,5	24,5
fev.	21,5	19,5	22,5*	23,2*	22,5*	23,0	23,0	23,5	24,0
mar.	21,1	17,9	21,6*	22,2	21,6*	22,5	22,5	21,5	23,5
abr.	19,5	15,1	20,0*	22,1	20,0*	20,5	21,0	20,5	21,5
mai.	15,1	12,3	16,7*	19,1	16,7*	18,0	17,5	17,5	17,5
jun.	14,7	15,1*	16,4*	17,8	17,0	17,0	17,0	16,5	16,0
jul.	13,5	17,2*	17,2*	18,9	19,2	18,5	15,0	18,5	17,0
ago.	14,7	18,0	18,3*	17,9	20,5	20,5	16,5	18,5	19,5
set.	14,5	17,4	18,9*	19,2	24,1	19,0	18,0	20,0	19,0
out.	19,2	22,8	21,1*	23,2	25,2	19,0	20,0	20,5	19,0
nov.	20,6	20,5	22,1*	26,0	25,4	21,0	20,5	22,0	20,5
dez.	19,2	25,9	23,6*	24,3	27,6	22,0	23,0	24,0	23,0
Média aritmética anual	18,1	18,5	20,2	21,5	22,0	20,4	19,8	20,5	20,4

* média aritmética do mês.

Fontes: Cetesb, 1990 a 1994.

www.inpe.br/cptec/inmet, 20/01/2000, 9h02m (dados de 95 em diante).

Tabela F - Umidade relativa em São Paulo (média mensal em %) - 1990 a 1998

Mês/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98
jan.	80,5	76,5	77,5	77,0*	80,5	78,0	75,0	80,0	69,0
fev.	81,0	81,0	73,5	78,0*	78,0	82,0	79,0	73,5	77,0
mar.	82,5	81,0	80,0	86,5	83,5	79,0	82,0	73,5	75,0
abr.	81,0	76,5	77,0*	81,0	82,5	76,0	75,0	70,5	73,0
mai.	83,5	78,0*	78,0*	78,5	78,0*	79,0	78,0	75,0	73,0
jun.	79,0	75,5*	75,0	77,0	78,5	72,0	75,0	75,0	72,0
jul.	86,5	76,0*	76,0*	74,5	75,5	83,0	75,0	67,0	72,0
ago.	79,5	68,0	72,5*	74,5	77,0	71,0	72,0	64,0	72,0
set.	77,5	65,0	74,5*	83,5	73,0	74,0	77,0	68,0	77,0
out.	77,0	63,0	75,0*	74,5	80,0	78,0	74,0	74,0	79,0
nov.	78,0	61,5	73,0*	71,5	76,5	72,0	75,0	76,0	73,0
dez.	83,5	67,5	75,0*	78,5	77,5	75,0	76,0	69,0	74,0
Média aritmética anual	81,0	72,5	75,5	78,0	78,5	76,5	76,0	72,0	74,0

* média aritmética do mês.

Fonte: Cetesb, 1990 a 1994.

www.inpe.br/cptec/inmet, 20/01/2000, 9h02m.

Tabela G - Partículas inaláveis - média aritmética anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	79	70	49	67	89	89	64*	60	55	69,1
Santana	-	-	72	65	-	84*	92*	84	62*	76,5
Móoca	76	73	74	92	68	90	74*	59	52*	73,1
Cambuci	73	39	46	52	103	97*	79*	59	48*	66,2
Ibirapuera	42	53	48	48	65	63*	53*	60	44	52,9
Nossa Sra.do Ó	61	57	58	69	61	64	64*	57	47	59,8
Congonhas	73	82	58	62	68	85*	75*	67	56	50,7
Lapa	74	79	61	56	60	64	67*	74	65*	66,7
Cerq. César	95	107	92	90	65	61	46*	43	40	71,0
Penha	62	62	53	51	51*	71	55*	40	41	41,8
Sto. Amaro	52	72	66	63	59	71*	49*	51	59*	60,2
S. Miguel Paul.	55	55	45	43	52	61	67*	86	66*	58,9
Centro**	-	-	-	-	-	-	59*	-	-	59,0
Média aritmética anual de todas as estações	67,5	68,1	60,2	63,2	67,4	75,0	64,9	61,7	52,9	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela H - Dióxido de enxofre (SO₂) - média aritmética anual (µg/m³) - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	24	18	22	29	20	34*	30*	33	14	24,9
Santana	-	-	16*	16	-	-	18*	-	-	16,7
Móoca	16	17	15	21	14	17	-	-	-	16,7
Cambuci	30	33	28*	35	22	31*	-	-	-	29,8
Ibirapuera	12	12	8	12	8	12*	15*	9	8	10,7
Nossa Sra.do Ó	12	13	7*	8	7	-	10*	-	-	9,5
Congonhas	23	28	32*	34	21	40*	38*	24	19*	28,8
Lapa	39	30	25	29	23	34	30*	30*	-	30,0
Cerq. César	23	22	19	18	12	16*	21*	15	12	17,6
Penha	9	12	11	11	3*	-	-	-	-	9,2
Sto. Amaro	18	16	16	22	17	17*	-	16*	-	17,4
S. Miguel Paul.	16	8	7	10	26*	-	-	-	-	13,4
Centro**	19	9	22	20	12	13*	31*	18	17	17,9
Média aritmética anual de todas as estações	20,1	18,2	17,5	20,4	15,4	23,8	24,1	20,7	14,0	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela I - Óxido de nitrogênio (NO) - média aritmética anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - São Paulo, 1996 a 1998

Estação/Ano	96	97	98	Média 96-98
Pq. D. Pedro II	89*	95	68	84,0
Santana	-	-	-	-
Móoca	-	-	-	-
Cambuci	-	-	-	-
Ibirapuera	33*	29	22	28,0
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-
Congonhas	252*	205	168	208,3
Lapa	167*	234*	173	191,3
Cerq. César	117*	114	87	106,0
Penha	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-
S. Miguel Paul.	-	-	-	-
Centro**	134*	117	101	117,3
Média aritmética anual de todas as estações	132,0	132,3	103,2	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela J - Dióxido de nitrogênio (NO₂) - média aritmética anual (µg/m³) - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	96	88	91	45	-	-	74*	62	64	74,3
Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Móoca	-	55*	28*	-	-	-	-	-	-	41,5
Cambuci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibirapuera	-	-	-	-	-	-	57*	50	46	51,0
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Congonhas	101	64*	61*	52*	-	-	97*	91	83	78,4
Lapa	-	-	-	-	-	-	68*	46*	31	48,3
Cerq. César	75	83	76*	33*	-	-	83*	79	67	70,9
Penha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel Paul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro**	-	-	-	-	-	-	90*	80	75	81,7
Média aritmética anual de todas as estações	90,7	72,5	64,0	43,3	-	-	78,2	68,0	61,0	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela K - Monóxido de carbono (CO) - no. de ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	-	3*	2*	-	12	42*	9*	2	4	10,6
Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Móoca	-	3*	-	-	0*	0*	-	-	-	1,0
Cambuci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibirapuera	-	-	-	-	-	-	6*	6	0	4,0
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Congonhas	85	58*	0*	-	50*	34*	26*	28	11	36,5
Lapa	-	-	-	-	-	-	-	2	0	1,0
Cerq. César	64	66*	78	43	44	24	5*	3	0	36,3
Penha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-	-	-	2*	0	0*	0,7
S. Miguel Paul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro**	172	17	0	27	34	14*	14	8	6	32,4
Média aritmética anual de todas as estações	107,0	29,4	20,0	35,0	28,0	22,8	10,3	7,0	3,0	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela L - Monóxido de carbono (CO) - no. de ultrapassagens dos níveis de atenção do Padrão Nacional de Qualidade do Ar- São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	-	0*	0*	-	2	3*	0*	0	0	0,7
Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Móoca	-	0*	-	-	0*	0*	-	-	-	0
Cambuci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibirapuera	-	-	-	-	-	-	0*	0	0	0
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Congonhas	1	1*	0*	-	8*	4*	4*	4	0	2,8
Lapa	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Cerq. César	11	8*	1	0	1	1	0*	0	0	2,4
Penha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-	-	-	0*	0	0*	0
S. Miguel Paul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro**	2	0	0	3	5	5*	0	0	0	1,9
Média aritmética anual de todas as estações	4,7	1,8	0,3	1,5	3,2	2,6	0,8	0,8	0	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela M - Ozônio (O3)- no. de ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	28	3*	9	1*	10*	20*	13*	2	9	10,6
Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Móoca	76	3*	20	56	29*	3*	42*	30	13	30,2
Cambuci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibirapuera	-	-	-	-	-	-	108*	54	32	64,7
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Congonhas	16	58*	14	19	2*	0*	1*	0	2	12,4
Lapa	37	-	-	25*	21	30*	12*	6	3	19,1
Cerq. César	-	66*	-	-	-	-	-	-	-	66,0
Penha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel Paul.	-	-	-	-	-	-	19*	21	7	15,7
Centro**	-	17	-	-	-	-	-	-	-	17,0
Média aritmética anual de todas as estações	39,3	29,4	14,3	25,3	15,5	13,3	32,5	18,8	11,0	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela N - Ozônio (O3) - no. de ultrapassagens dos níveis de atenção do Padrão Nacional de Qualidade do Ar - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	12	0*	0	0*	1*	1*	2*	0	0	1,8
Santana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Móoca	42	0*	2	7	4*	1*	10*	17	2	9,4
Cambuci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibirapuera	-	-	-	-	-	-	19*	22	9	16,7
Nossa Sra.do Ó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Congonhas	6	1*	4	5	0*	0*	1*	0	1	2,0
Lapa	14	-	-	6*	2	6*	4*	1	0	4,7
Cerq. César	-	8*	-	-	-	-	-	-	-	8,0
Penha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sto. Amaro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Miguel Paul.	-	-	-	-	-	-	4*	11	2	5,7
Centro**	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
Média aritmética anual de todas as estações	18,5	1,8	2,0	4,5	1,8	2,0	6,7	8,5	2,3	

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela O - Partículas totais em suspensão - média geométrica anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - uma amostra de 24 h a cada 6 dias - São Paulo, 1990 a 1998

Estação/Ano	90	91	92	93	94	95	96	97	98	Média 90-98
Pq. D. Pedro II	181	115	130	120	125	116	112	116	93	123,1
Ibirapuera	72	69	65	69	82	84	81	77	65	73,8
Penha	75	69	68	74	64	67	-	-	-	69,5
Cerq. César***	-	-	-	-	-	-	87*	88	85	86,7
Sto. Amaro	98	82	86	91	80	85	91	91	94*	88,7
Pinheiros	75	69	67	75	66	65	66	77	67	69,7
Média aritmética anual de todas as estações	100,2	80,8	83,2	85,8	83,4	83,4	87,4	89,8	80,8	85,3

* os dados não atendem aos critérios de representatividade da Cetesb.

** até o final de 1991 a estação da região central ficava na Praça do Correio, depois foi para a esquina da Av. São Luiz com a Rua da Consolação e passou a se chamar estação Centro.

*** início de operação em 27/04/96.

Fonte: Cetesb, vários números.

Tabela P - Indicadores econômicos - São Paulo

Estação	Renda média em salários mínimos ¹	Habitantes/ km² ²	No. de leitos em hospitais municipais ²	No. médio de anos de instrução ³
Pq. D. Pedro II	8,90	15089,5	114	9,65
Santana	8,20	10237,8	393	5,91
Móoca	7,43	10191,6	621	4,92
Cambuci	8,90	15089,5	114	4,02
Ibirapuera	16,40	12504,9	114	12,27
Nossa Sra.do Ó	4,65	11459,1	393	1,79
Congonhas	11,18	14273,7	167	3,24
Lapa	9,83	7204,6	44	5,85
Cerq. César	8,9	15089,5	114	7,3
Penha	4,98	11819,9	621	2,17
Sto. Amaro	11,87	8342,2	246	8,44
S. Miguel Paul.	3,38	14269,5	458	6,53
Centro	8,9	15089,5	114	1,97

1- Dados de 1991.

2- Dados de 1995.

3- Dados de 1996.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Contagem da População 1996 ; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Demográfico de 1991.

Tabela Q - Mortes por doenças respiratórias nas regiões das estações de medição de poluentes da CETESB - cidade de São Paulo - 1990 a 1998

Ano	Estação	pn. total	pn. <1	pn. +60	br. total	br. <1	br. +60	total doenças
90	Pq. D.Pedro II	10	1	7	3	0	3	13
90	Móoca	34	1	26	7	0	6	41
90	Cambuci	38	4	30	8	0	6	46
90	Ibirapuera	92	10	67	15	1	11	107
90	N.Sra do Ó	79	13	41	15	0	12	94
90	Congonhas	118	28	63	20	1	11	138
90	Lapa	86	8	64	1	0	1	87
90	Cerqueira César	36	2	28	6	0	6	42
90	Penha	94	11	57	12	0	11	106
90	Santo Amaro	499	149	203	57	1	37	556
90	São Miguel Paul.	168	54	55	21	2	15	189
90	Móoca	34	1	26	7	0	6	41
90	Centro	7	2	3	1	0	0	8
90	Total	1295	284	670	173	5	125	1468
91	Pq. D.Pedro II	13	0	11	2	0	2	15
91	Móoca	43	3	33	9	0	7	52
91	Cambuci	28	3	21	7	0	6	35
91	Ibirapuera	70	6	47	7	0	6	77
91	N.Sra do Ó	77	9	36	9	0	6	86
91	Congonhas	100	15	54	14	0	11	114
91	Lapa	63	6	44	16	0	14	79
91	Cerqueira César	30	0	28	2	0	1	32
91	Penha	87	6	57	13	0	7	100
91	Santo Amaro	432	113	182	60	1	34	492
91	São Miguel Paul.	139	43	48	18	1	12	157
91	Móoca	43	3	33	9	0	7	52
91	Centro	4	0	2	2	0	2	6
91	Total	1129	207	596	168	2	115	1297
92	Pq. D.Pedro II	13	0	10	3	0	2	16
92	Móoca	41	3	29	5	0	4	46
92	Cambuci	22	1	16	4	0	4	26
92	Ibirapuera	75	10	42	18	0	15	93
92	N.Sra do Ó	84	11	57	9	0	6	93
92	Congonhas	87	16	43	15	0	12	102
92	Lapa	76	5	63	13	0	13	89
92	Cerqueira César	34	0	31	5	0	3	39
92	Penha	79	8	51	19	0	15	98
92	Santo Amaro	481	136	190	44	3	32	525
92	São Miguel Paul.	168	42	73	19	0	14	187
92	Móoca	41	3	29	5	0	4	46
92	Centro	2	0	1	3	0	3	5
92	Total	1203	235	635	162	3	127	1365
93	Pq. D.Pedro II	14	0	13	2	0	2	16
93	Móoca	31	1	23	1	0	1	32
93	Cambuci	29	1	23	4	0	4	33
93	Ibirapuera	79	12	49	10	0	7	89
93	N.Sra do Ó	91	9	56	14	0	8	105

93	Congonhas	110	12	62	21	1	15	131
93	Lapa	83	4	65	8	0	6	91
93	Cerqueira César	30	0	28	4	0	4	34
93	Penha	87	5	67	8	0	7	95
93	Santo Amaro	422	106	177	55	1	34	477
93	São Miguel Paul.	196	53	76	24	0	17	220
93	Móoca	31	1	23	1	0	1	32
93	Centro	6	0	5	3	0	1	9
93	Total	1209	204	667	155	2	107	1364
94	Pq. D.Pedro II	15	0	12	3	0	2	18
94	Móoca	29	3	21	7	1	5	36
94	Cambuci	33	3	24	4	0	4	37
94	Ibirapuera	94	17	62	15	0	11	109
94	N.Sra do Ó	84	12	61	15	0	10	99
94	Congonhas	130	10	77	24	0	17	154
94	Lapa	66	3	49	12	0	10	78
94	Cerqueira César	44	1	39	6	0	6	50
94	Penha	95	3	72	1	1	0	96
94	Santo Amaro	414	90	184	59	2	33	473
94	São Miguel Paul.	160	27	74	23	0	13	183
94	Móoca	29	3	21	7	1	5	36
94	Centro	4	0	3	2	0	2	6
94	Total	1197	172	699	178	5	118	1375
95	Pq. D.Pedro II	21	1	16	3	0	2	24
95	Móoca	38	3	28	8	1	6	46
95	Cambuci	25	2	19	6	0	5	31
95	Ibirapuera	94	15	60	13	0	10	107
95	N.Sra do Ó	92	14	55	12	0	9	104
95	Congonhas	112	12	67	23	1	17	135
95	Lapa	57	2	45	11	0	10	68
95	Cerqueira César	47	3	39	6	0	6	53
95	Penha	85	4	65	8	1	6	93
95	Santo Amaro	427	89	184	51	2	35	478
95	São Miguel Paul.	150	24	75	31	1	21	181
95	Móoca	38	3	28	8	1	5	46
95	Centro	6	0	4	3	0	2	9
95	Total	1192	172	685	183	7	134	1375
96	Pq. D.Pedro II	27	1	19	3	0	2	30
96	Móoca	47	2	35	8	0	7	55
96	Cambuci	16	0	14	7	0	6	23
96	Ibirapuera	93	13	57	11	0	8	104
96	N.Sra do Ó	100	16	48	9	0	7	109
96	Congonhas	93	13	57	21	1	17	114
96	Lapa	47	1	40	10	0	9	57
96	Cerqueira César	50	4	38	6	0	5	56
96	Penha	75	5	57	15	0	12	90
96	Santo Amaro	439	87	184	42	2	36	481
96	São Miguel Paul.	140	21	76	39	2	28	179
96	Móoca	47	2	35	9	1	3	56
96	Centro	8	0	4	3	0	1	11
96	Total	1182	165	664	183	6	141	1365
97	Pq. D.Pedro II	22	0	17	7	0	6	29
97	Móoca	33	0	31	9	0	8	42

97	Cambuci	13	0	12	5	0	4	18
97	Ibirapuera	78	6	53	12	1	7	90
97	N.Sra do Ó	90	20	35	14	0	8	104
97	Congonhas	78	6	56	22	1	17	100
97	Lapa	37	1	30	14	0	12	51
97	Cerqueira César	38	2	22	6	0	5	44
97	Penha	63	1	52	12	0	10	75
97	Santo Amaro	416	71	208	35	1	32	451
97	São Miguel Paul.	176	39	88	41	3	26	217
97	Móoca	33	0	31	10	0	4	43
97	Centro	8	0	5	3	0	2	11
97	Total	1085	146	640	190	6	141	1275
98	Pq. D. Pedro II	19	1	13	5	0	3	24
98	Móoca	37	5	28	8	0	7	45
98	Cambuci	21	0	18	7	0	5	28
98	Ibirapuera	67	3	43	14	0	10	81
98	N.Sra do Ó	81	13	41	15	0	12	96
98	Congonhas	67	3	43	18	0	16	85
98	Lapa	36	0	34	11	0	11	47
98	Cerqueira César	47	0	43	7	0	5	54
98	Penha	73	6	56	14	0	12	87
98	Santo Amaro	404	52	165	44	0	39	448
98	São Miguel Paul.	166	51	90	31	0	24	197
98	Móoca	37	5	28	10	2	6	47
98	Centro	7	1	1	4	1	2	11
98	Total	1062	140	603	188	3	152	1250

pn. total = total de mortes por pneumonia.

pn. < 1 = no. de mortes por pneumonia de crianças menores de 1 ano.

pn. + 60 = no. de mortes por pneumonia de pessoas com mais de 60 anos.

br. total = total de mortes por bronquite, enfisema e asma.

br. < 1 = no. de mortes por bronquite, enfisema e asma de crianças menores de 1 ano.

br. + 60 = no. de mortes por bronquite, enfisema e asma de pessoas com mais de 60 anos.

total doenças = no. total de mortes por doenças respiratórias.

Fonte: Fundação SEADE, vários números.

**Tabela R - Internações hospitalares do SUS - Doenças respiratórias -
município de São Paulo - 1992 a 1998**

Mês/Ano	92	93	94	95	96	97	98
jan.	3781	4268	3552	3240	3479	2751	3097
fev.	3487	3655	3613	2895	3096	2912	2730
mar.	3868	4344	4331	4194	3275	3119	3218
abr.	4014	4256	4475	4045	4018	3229	3851
mai.	4249	4598	5225	5128	4163	3927	4402
jun.	4975	4953	5454	5651	4441	3996	4991
jul.	4985	4887	5060	5386	4342	4048	4487
ago.	4951	4457	5301	3986	3721	3766	4087
set.	4181	4123	4746	3788	3630	4352	3972
out.	4189	3908	4483	3349	3447	4199	3684
nov.	4191	4171	4366	4267	3246	3628	3730
dez.	3914	3675	3908	4001	2614	3476	3307
Total anual	50785	51295	54514	49930	43472	43403	45556

Fonte: www.datasus.gov.br/cgi/sih/rmopcao.htm, 12/02/2000, 15h32m.

ANEXO 3

RESULTADOS DAS ANÁLISES ECONÔMETRICAS

Tabela S – Resultados da regressão entre o total de mortes por doenças respiratórias nas áreas correspondentes à localização das treze estações de coleta de dados de poluição atmosférica da Cetesb e as médias de ultrapassagens do estado de atenção do Padrão Nacional de Qualidade do Ar para o monóxido de carbono – São Paulo

$$\text{Total} = \alpha + \beta \text{CO_at01}$$

Dependent Variable: TOTAL

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:43

Sample: 1990 1998

Included observations: 9

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1290.932	23.62536	54.64180	0.0000
CO_AT01	32.84149	10.45579	3.140986	0.0164
R-squared	0.584959	Mean dependent var	1348.222	
Adjusted R-squared	0.525667	S.D. dependent var	65.40791	
S.E. of regression	45.04762	Akaike info criterion	10.64645	
Sum squared resid	14205.02	Schwarz criterion	10.69027	
Log likelihood	-45.90901	F-statistic	9.865795	
Durbin-Watson stat	2.395974	Prob(F-statistic)	0.016357	

Total = no. total de mortes por doenças respiratórias.

CO_at01 = média do no. de ultrapassagens do estado de atenção do Padrão Nacional de Qualidade do Ar.

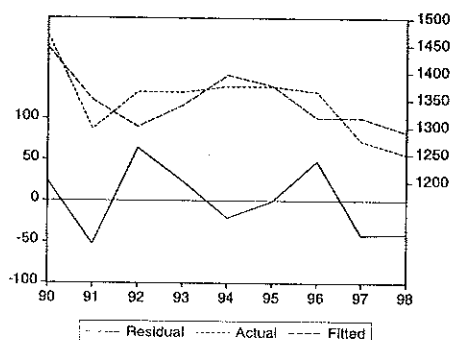


Tabela T – Teste White (heterocedasticidade) para a equação :
Total = $\alpha + \beta \text{CO_at01}$

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	2.464352	Probability	0.165481
Obs*R-squared	4.058884	Probability	0.131409

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:46

Sample: 1990 1998

Included observations: 9

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2909.742	801.5087	3.630331	0.0110
CO_AT01	-1118.630	891.5109	-1.254758	0.2562
CO_AT01^2	121.4328	187.3512	0.648156	0.5409
R-squared	0.450987	Mean dependent var	1578.335	
Adjusted R-squared	0.267983	S.D. dependent var	1345.518	
S.E. of regression	1151.198	Akaike info criterion	17.19620	
Sum squared resid	7951544.	Schwarz criterion	17.26194	
Log likelihood	-74.38288	F-statistic	2.464352	
Durbin-Watson stat	1.407769	Prob(F-statistic)	0.165481	

Tabela U – Valores estimados das mortes por doenças respiratórias e resíduos

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
1990	1468.00	1445.29	22.7129	. * .
1991	1297.00	1350.05	-53.0467	* . .
1992	1365.00	1300.78	64.2155	. . *
1993	1364.00	1340.19	23.8057	. * .
1994	1375.00	1396.02	-21.0248	. * .
1995	1375.00	1376.32	-1.31994	. * .
1996	1365.00	1317.21	47.7947	. . *
1997	1275.00	1317.21	-42.2053	* . .
1998	1250.00	1290.93	-40.9321	* . .

Tabela V- Resultados da regressão entre o total de internações do SUS por doenças respiratórias em São Paulo e a média das ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar e estado de atenção

$$\text{Total} = \alpha + \beta \text{COTOT}$$

Dependent Variable: DOEN

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:26

Sample: 1992 1998

Included observations: 7

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	42700.69	1760.278	24.25793	0.0000
COTOT	296.0101	78.09981	3.790152	0.0128
R-squared	0.741806	Mean dependent var	48422.14	
Adjusted R-squared	0.690167	S.D. dependent var	4303.705	
S.E. of regression	2395.557	Akaike info criterion	18.63558	
Sum squared resid	28693468	Schwarz criterion	18.62012	
Log likelihood	-63.22451	F-statistic	14.36525	
Durbin-Watson stat	2.371822	Prob(F-statistic)	0.012756	

DOEN = total de internações no SUS por doenças respiratórias.

COTOT = no. médio de ultrapassagens dos padrões de emissão do monóxido de carbono e do estado de atenção.

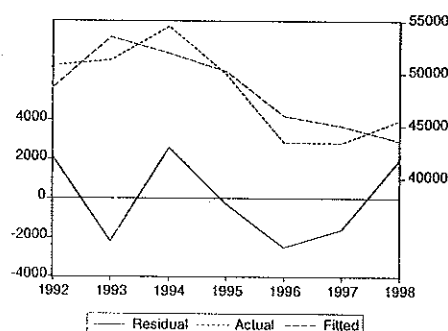


Tabela X – Teste White (heterocedasticidade) para a equação:

$$\text{Total} = \alpha + \beta \text{COTOT}$$

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	0.131740	Probability	0.880221
Obs*R-squared	0.432594	Probability	0.805496

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:34

Sample: 1992 1998

Included observations: 7

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4699686.	3139370.	1.497016	0.2087
COTOT	-142836.1	393731.2	-0.362776	0.7351
COTOT^2	4252.373	9792.296	0.434257	0.6865
R-squared	0.061799	Mean dependent var	4099067.	
Adjusted R-squared	-0.407301	S.D. dependent var	2256985.	
S.E. of regression	2677455.	Akaike info criterion	32.73616	
Sum squared resid	2.87E+13	Schwarz criterion	32.71298	
Log likelihood	-111.5766	F-statistic	0.131740	
Durbin-Watson stat	3.514725	Prob(F-statistic)	0.880221	

Tabela W – Valores estimados das internações no SUS por doenças respiratórias e resíduos

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot		
1992	50785.0	48709.7	2075.30	.		*.
1993	51295.0	53505.1	-2210.06	.*		.
1994	54514.0	51936.2	2577.79	.		*.
1995	49930.0	50219.3	-289.347	.	*	.
1996	43472.0	45986.4	-2514.40	*.		.
1997	43403.0	45009.6	-1606.57	.*		.
1998	45556.0	43588.7	1967.28	.		*.

Tabela Y – Resultados da regressão entre a renda familiar (rendafa) e disposição a pagar (DAP) – dados dos 142 questionários de valoração contingente

$$DAP = \alpha + \beta \text{RENDAFA}$$

Dependent Variable: DAP

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 00:44

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.834812	9.877716	0.691943	0.4902
RENDAFA	0.007307	0.002316	3.154255	0.0020
R-squared	0.070091	Mean dependent var	33.80970	
Adjusted R-squared	0.063046	S.D. dependent var	59.11423	
S.E. of regression	57.22044	Akaike info criterion	10.94651	
Sum squared resid	432191.5	Schwarz criterion	10.98976	
Log likelihood	-731.4163	F-statistic	9.949322	
Durbin-Watson stat	2.076436	Prob(F-statistic)	0.001993	

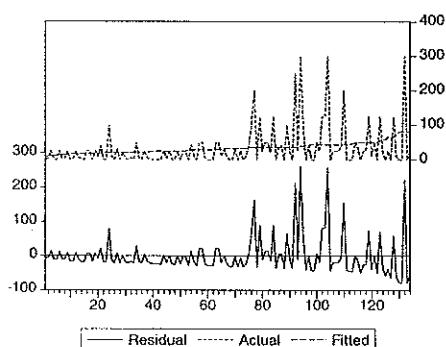


Tabela Z – Teste White (heterocedasticidade) para a equação:
 $DAP = \alpha + \beta RENDAFA$

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	4.955959	Probability	0.008418
Obs*R-squared	9.425725	Probability	0.008979

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 00:48

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1889.808	2898.808	-0.651926	0.5156
RENDAFA	1.511643	1.350607	1.119233	0.2651
RENDAFA^2	-2.56E-05	0.000133	-0.192147	0.8479
R-squared	0.070341	Mean dependent var	3225.310	
Adjusted R-squared	0.056148	S.D. dependent var	10226.30	
S.E. of regression	9935.064	Akaike info criterion	21.26766	
Sum squared resid	1.29E+10	Schwarz criterion	21.33254	
Log likelihood	-1421.933	F-statistic	4.955959	
Durbin-Watson stat	2.067677	Prob(F-statistic)	0.008418	

Tabela A1 – Valores estimados de disposição a pagar (DAP) e resíduos

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
1	0.00000	7.78469	-7.78469	. *
2	5.00000	10.8535	-5.85351	. *
3	25.0000	11.2188	13.7812	. *
4	0.00000	11.3650	-11.3650	. *
5	0.00000	12.6802	-12.6802	. *
6	25.0000	13.4109	11.5891	. *
7	5.00000	14.1415	-9.14153	. *
8	5.00000	14.8722	-9.87221	. *
9	25.0000	15.6029	9.39712	. *
10	0.00000	16.3336	-16.3336	. *
11	0.00000	16.3336	-16.3336	. *
12	25.0000	16.6989	8.30111	. *
13	6.00000	17.7949	-11.7949	. *
14	0.00000	17.7949	-17.7949	. *
15	0.00000	17.7949	-17.7949	. *
16	25.0000	17.7949	7.20511	. *
17	25.0000	17.7949	7.20511	. *
18	0.00000	17.7949	-17.7949	. *
19	25.0000	17.7949	7.20511	. *
20	10.0000	18.5256	-8.52557	. *
21	40.0000	18.5256	21.4744	. *
22	0.00000	18.5256	-18.5256	. *
23	0.00000	19.9869	-19.9869	. *
24	100.000	19.9869	80.0131	. *
25	10.0000	21.4483	-11.4483	. *
26	0.00000	21.4483	-21.4483	. *
27	30.0000	21.4483	8.55174	. *
28	0.00000	21.4483	-21.4483	. *
29	20.0000	21.4483	-1.44826	. *
30	3.00000	21.4483	-18.4483	. *
31	0.00000	21.4483	-21.4483	. *
32	5.00000	21.4483	-16.4483	. *
33	0.00000	21.4483	-21.4483	. *
34	50.0000	21.4483	28.5517	. *
35	4.00000	21.4483	-17.4483	. *
36	0.00000	21.4483	-21.4483	. *
37	25.0000	21.4483	3.55174	. *
38	5.00000	21.4483	-16.4483	. *
39	0.00000	22.1789	-22.1789	. *
40	0.00000	22.9096	-22.9096	. *
41	0.00000	23.6403	-23.6403	. *
42	0.00000	25.1016	-25.1016	. *
43	0.00000	25.1016	-25.1016	. *
44	25.0000	25.1016	-0.10162	. *
45	5.00000	25.1016	-20.1016	. *
46	25.0000	25.1016	-0.10162	. *
47	0.00000	25.1016	-25.1016	. *
48	0.00000	25.1016	-25.1016	. *
49	25.0000	25.1016	-0.10162	. *
50	0.00000	25.1016	-25.1016	. *
51	25.0000	25.1016	-0.10162	. *
52	20.0000	25.1016	-5.10162	. *
53	0.00000	28.7550	-28.7550	. *
54	42.5000	28.7550	13.7450	. *

55	10.0000	28.7550	-18.7550		. *	
56	0.00000	28.7550	-28.7550		. *	
57	50.0000	28.7550	21.2450		. * .	
58	50.0000	28.7550	21.2450		. * .	
59	5.00000	28.7550	-23.7550		. *	
60	0.00000	28.7550	-28.7550		. *	
61	0.00000	28.7550	-28.7550		. *	
62	0.00000	28.7550	-28.7550		. *	
63	50.0000	28.7550	21.2450		. * .	
64	50.0000	30.2163	19.7837		. * .	
65	10.0000	30.2163	-20.2163		. *	
66	30.0000	30.9470	-0.94699		. * .	
67	10.0000	32.4083	-22.4083		. *	
68	0.00000	32.4083	-32.4083		. *	
69	0.00000	32.4083	-32.4083		. *	
70	30.0000	32.4083	-2.40834		. * .	
71	0.00000	32.4083	-32.4083		. *	
72	25.0000	32.4083	-7.40834		. * .	
73	0.00000	32.4083	-32.4083		. *	
74	10.0000	33.1390	-23.1390		. *	
75	40.0000	36.0617	3.93830		. * .	
76	100.000	36.0617	63.9383		. * .	
77	200.000	36.0617	163.938		. * .	
78	0.00000	36.0617	-36.0617		. *	
79	125.000	36.0617	88.9383		. * .	
80	25.0000	36.0617	-11.0617		. *	
81	50.0000	36.0617	13.9383		. * .	
82	50.0000	36.0617	13.9383		. * .	
83	20.0000	36.0617	-16.0617		. *	
84	125.000	36.0617	88.9383		. * .	
85	0.00000	36.0617	-36.0617		. *	
86	40.0000	36.0617	3.93830		. * .	
87	40.0000	36.0617	3.93830		. * .	
88	0.00000	36.0617	-36.0617		. *	
89	100.000	36.0617	63.9383		. * .	
90	25.0000	36.0617	-11.0617		. *	
91	0.00000	36.0617	-36.0617		. *	
92	250.000	36.0617	213.938		. * .	
93	25.0000	36.0617	-11.0617		. *	
94	300.000	39.7151	260.285		. * .	
95	90.0000	39.7151	50.2849		. * .	
96	0.00000	41.5417	-41.5417		. *	
97	40.0000	41.9071	-1.90708		. * .	
98	0.00000	43.3684	-43.3684		. *	
99	0.00000	43.3684	-43.3684		. *	
100	50.0000	43.3684	6.63158		. * .	
101	25.0000	43.3684	-18.3684		. *	
102	125.000	43.3684	81.6316		. * .	
103	125.000	43.3684	81.6316		. * .	
104	300.000	43.3684	256.632		. * .	
105	0.00000	43.3684	-43.3684		. *	
106	25.0000	43.3684	-18.3684		. *	
107	25.0000	43.3684	-18.3684		. *	
108	25.0000	43.3684	-18.3684		. *	
109	40.0000	43.3684	-3.36842		. * .	
110	200.000	43.3684	156.632		. * .	
111	0.00000	43.3684	-43.3684		. *	
112	0.00000	43.3684	-43.3684		. *	
113	0.00000	47.0218	-47.0218		. *	
114	50.0000	47.0218	2.97822		. * .	

115	35.0000	50.6751	-15.6751		*		
116	0.00000	50.6751	-50.6751		*		
117	25.0000	50.6751	-25.6751		*		
118	25.0000	50.6751	-25.6751		*		
119	125.000	50.6751	74.3249		*		
120	10.0000	50.6751	-40.6751		*		
121	50.0000	50.6751	-0.67514		*		
122	0.00000	50.6751	-50.6751		*		
123	125.000	54.3285	70.6715		*		
124	20.0000	57.9819	-37.9819		*		
125	0.00000	57.9819	-57.9819		*		
126	25.0000	65.2886	-40.2886		*		
127	0.00000	65.2886	-65.2886		*		
128	125.000	65.2886	59.7114		*		
129	10.0000	72.5953	-62.5953		*		
130	0.00000	79.9020	-79.9020		*		
131	0.00000	79.9020	-79.9020		*		
132	300.000	79.9020	220.098		*		*
133	0.00000	79.9020	-79.9020		*		
134	25.0000	79.9020	-54.9020		*		

Tabela B1 – Regressão entre a renda familiar(rendapn) e a disposição a pagar (dapn), retirando-se os dados de oito outliers (valores muito acima da média)

$$DAPN = \alpha + \beta RENDAPN$$

Dependent Variable: DAPN

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 00:55

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	11.14017	4.644571	2.398535	0.0179
RENDAPN	0.003403	0.000840	4.049018	0.0001
R-squared	0.110479	Mean dependent var		25.67537
Adjusted R-squared	0.103741	S.D. dependent var		36.03529
S.E. of regression	34.11496	Akaike info criterion		9.912162
Sum squared resid	153625.7	Schwarz criterion		9.955413
Log likelihood	-662.1149	F-statistic		16.39455
Durbin-Watson stat	1.943612	Prob(F-statistic)		0.000087

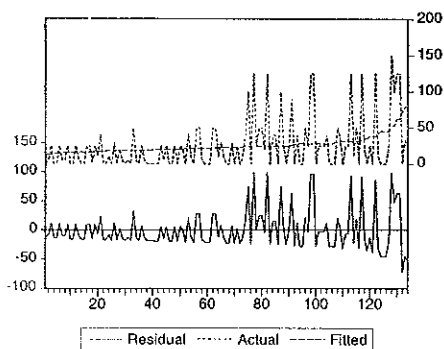


Tabela C1 – Teste White para a equação: $DAPN = \alpha + \beta \text{RENDAPN}$

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	14.36560	Probability	0.000002
Obs*R-squared	24.10287	Probability	0.000006

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 00:57

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-648.5640	449.5341	-1.442747	0.1515
RENDAPN	0.541137	0.150236	3.601923	0.0004
RENDAPN^2	-1.69E-05	8.32E-06	-2.032779	0.0441
R-squared	0.179872	Mean dependent var	1146.460	
Adjusted R-squared	0.167351	S.D. dependent var	2278.650	
S.E. of regression	2079.259	Akaike info criterion	18.13954	
Sum squared resid	5.66E+08	Schwarz criterion	18.20442	
Log likelihood	-1212.349	F-statistic	14.36560	
Durbin-Watson stat	2.109151	Prob(F-statistic)	0.000002	

Tabela D1 – Valores estimados da disposição a pagar após a correção da equação com a retirada dos *outliers*

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
1	0.00000	11.5825	-11.5825	. * .
2	5.00000	13.0117	-8.01166	. * .
3	25.0000	13.1818	11.8182	. * .
4	0.00000	13.2499	-13.2499	. * .
5	0.00000	13.8623	-13.8623	. * .
6	25.0000	14.2026	10.7974	. * .
7	5.00000	14.5429	-9.54289	. * .
8	5.00000	14.8832	-9.88316	. * .
9	25.0000	15.2234	9.77657	. * .
10	0.00000	15.5637	-15.5637	. * .
11	0.00000	15.5637	-15.5637	. * .
12	25.0000	15.7338	9.26616	. * .
13	6.00000	16.2442	-10.2442	. * .
14	0.00000	16.2442	-16.2442	. * .
15	0.00000	16.2442	-16.2442	. * .
16	25.0000	16.2442	8.75575	. * .
17	25.0000	16.2442	8.75575	. * .
18	0.00000	16.2442	-16.2442	. * .
19	25.0000	16.2442	8.75575	. * .
20	10.0000	16.5845	-6.58452	. * .
21	40.0000	16.5845	23.4155	. * .
22	0.00000	16.5845	-16.5845	. * .
23	0.00000	17.2651	-17.2651	. * .
24	10.0000	17.9456	-7.94561	. * .
25	0.00000	17.9456	-17.9456	. * .

26	30.0000	17.9456	12.0544		.		*	
27	0.00000	17.9456	-17.9456		.		*	
28	20.0000	17.9456	2.05439		.		*	
29	3.00000	17.9456	-14.9456		.		*	
30	0.00000	17.9456	-17.9456		.		*	
31	5.00000	17.9456	-12.9456		.		*	
32	0.00000	17.9456	-17.9456		.		*	
33	50.0000	17.9456	32.0544		.		*	
34	4.00000	17.9456	-13.9456		.		*	
35	0.00000	17.9456	-17.9456		.		*	
36	25.0000	17.9456	7.05439		.		*	
37	5.00000	17.9456	-12.9456		.		*	
38	0.00000	18.2859	-18.2859		.		*	
39	0.00000	18.6262	-18.6262		.		*	
40	0.00000	18.9664	-18.9664		.		*	
41	0.00000	19.6470	-19.6470		.		*	
42	0.00000	19.6470	-19.6470		.		*	
43	25.0000	19.6470	5.35303		.		*	
44	5.00000	19.6470	-14.6470		.		*	
45	25.0000	19.6470	5.35303		.		*	
46	0.00000	19.6470	-19.6470		.		*	
47	0.00000	19.6470	-19.6470		.		*	
48	25.0000	19.6470	5.35303		.		*	
49	0.00000	19.6470	-19.6470		.		*	
50	25.0000	19.6470	5.35303		.		*	
51	20.0000	19.6470	0.35303		.		*	
52	0.00000	21.3483	-21.3483		.		*	
53	42.5000	21.3483	21.1517		.		*	
54	10.0000	21.3483	-11.3483		.		*	
55	0.00000	21.3483	-21.3483		.		*	
56	50.0000	21.3483	28.6517		.		*	
57	50.0000	21.3483	28.6517		.		*	
58	5.00000	21.3483	-16.3483		.		*	
59	0.00000	21.3483	-21.3483		.		*	
60	0.00000	21.3483	-21.3483		.		*	
61	0.00000	21.3483	-21.3483		.		*	
62	50.0000	21.3483	28.6517		.		*	
63	50.0000	22.0289	27.9711		.		*	
64	10.0000	22.0289	-12.0289		.		*	
65	30.0000	22.3691	7.63085		.		*	
66	10.0000	23.0497	-13.0497		.		*	
67	0.00000	23.0497	-23.0497		.		*	
68	0.00000	23.0497	-23.0497		.		*	
69	30.0000	23.0497	6.95031		.		*	
70	0.00000	23.0497	-23.0497		.		*	
71	25.0000	23.0497	1.95031		.		*	
72	0.00000	23.0497	-23.0497		.		*	
73	10.0000	23.3900	-13.3900		.		*	
74	40.0000	24.7511	15.2489		.		*	
75	100.000	24.7511	75.2489		.		*	
76	0.00000	24.7511	-24.7511		.		*	
77	125.000	24.7511	100.249		.		*	
78	25.0000	24.7511	0.24895		.		*	
79	50.0000	24.7511	25.2489		.		*	
80	50.0000	24.7511	25.2489		.		*	
81	20.0000	24.7511	-4.75105		.		*	
82	125.000	24.7511	100.249		.		*	
83	0.00000	24.7511	-24.7511		.		*	
84	40.0000	24.7511	15.2489		.		*	
85	40.0000	24.7511	15.2489		.		*	

86	0.00000	24.7511	-24.7511		*		
87	100.000	24.7511	-75.2489				*
88	25.0000	24.7511	0.24895		*		
89	0.00000	24.7511	-24.7511		*		
90	25.0000	24.7511	0.24895		*		
91	90.0000	26.4524	63.5476				*
92	0.00000	27.3031	-27.3031		*		
93	40.0000	27.4732	12.5268			*	
94	0.00000	28.1538	-28.1538		*		
95	0.00000	28.1538	-28.1538		*		
96	50.0000	28.1538	21.8462			*	
97	25.0000	28.1538	-3.15377		*		
98	125.000	28.1538	96.8462				*
99	125.000	28.1538	96.8462				*
100	0.00000	28.1538	-28.1538		*		
101	25.0000	28.1538	-3.15377		*		
102	25.0000	28.1538	-3.15377		*		
103	25.0000	28.1538	-3.15377		*		
104	40.0000	28.1538	11.8462		*		
105	0.00000	28.1538	-28.1538		*		
106	0.00000	28.1538	-28.1538		*		
107	0.00000	29.8551	-29.8551		*		
108	50.0000	29.8551	20.1449			*	
109	35.0000	31.5565	3.44351		*		
110	0.00000	31.5565	-31.5565		*		
111	25.0000	31.5565	-6.55649		*		
112	25.0000	31.5565	-6.55649		*		
113	125.000	31.5565	93.4435				*
114	10.0000	31.5565	-21.5565		*		
115	50.0000	31.5565	18.4435			*	
116	0.00000	31.5565	-31.5565		*		
117	125.000	33.2579	91.7421				*
118	20.0000	34.9592	-14.9592		*		
119	0.00000	34.9592	-34.9592		*		
120	25.0000	38.3619	-13.3619		*		
121	0.00000	38.3619	-38.3619		*		
122	125.000	38.3619	86.6381				*
123	10.0000	41.7647	-31.7647		*		
124	0.00000	45.1674	-45.1674		*		
125	0.00000	45.1674	-45.1674		*		
126	0.00000	45.1674	-45.1674		*		
127	25.0000	45.1674	-20.1674		*		
128	150.000	51.9728	98.0272				*
129	100.000	51.9728	48.0272			*	
130	125.000	62.1810	62.8190				*
131	125.000	62.1810	62.8190				*
132	0.00000	72.3892	-72.3892	*			
133	35.0000	79.1946	-44.1946		*		
134	25.0000	79.1946	-54.1946		*		

Tabela E1 – Regressão com variáveis sendo divididas pela raiz quadrada da renda (RQRFAN) para o tratamento da heterocedasticidade

$$\text{DAPN/RQRFAN} = \alpha \text{ 1/RQRFAN} + \beta \text{RENDAFAN/RQRFAN}$$

Dependent Variable: DAPN/RQRFAN

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:00

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1/RQRFAN	3.705904	2.985437	1.241327	0.2167
RENDAFAN/RQRFAN	0.005143	0.000949	5.417670	0.0000
N				
R-squared	0.012011	Mean dependent var		0.392700
Adjusted R-squared	0.004527	S.D. dependent var		0.487168
S.E. of regression	0.486064	Akaike info criterion		1.409859
Sum squared resid	31.18606	Schwarz criterion		1.453111
Log likelihood	-92.46057	F-statistic		1.604786
Durbin-Watson stat	2.123279	Prob(F-statistic)		0.207457

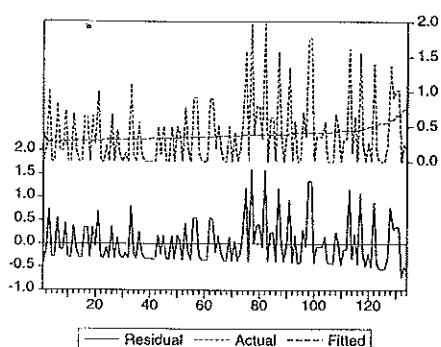


Tabela F1 – Teste White da equação:

$$\text{DAPN/RQRFAN} = \alpha \text{ 1/RQRFAN} +$$

$$\beta \text{RENDAFAN/RQRFA}$$

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	1.396636	Probability	0.238761
Obs*R-squared	5.562196	Probability	0.234316

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 02/28/00 Time: 01:03

Sample: 1 134

Included observations: 134

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.612321	2.252300	-0.715856	0.4754
1/RQRFAN	33.75484	61.45581	0.549254	0.5838
(1/RQRFAN)^2	-196.2770	469.6274	-0.417942	0.6767
RENDAFAN/RQRFAN	0.030932	0.030332	1.019783	0.3097
(RENDAFAN/RQRFA N)^2	-0.000140	0.000131	-1.076555	0.2837
R-squared	0.041509	Mean dependent var	0.232732	
Adjusted R-squared	0.011788	S.D. dependent var	0.432157	
S.E. of regression	0.429603	Akaike info criterion	1.184687	
Sum squared resid	23.80804	Schwarz criterion	1.292816	
Log likelihood	-74.37405	F-statistic	1.396636	
Durbin-Watson stat	2.047183	Prob(F-statistic)	0.238761	

Tabela G1 – Valores estimados da disposição a pagar dividida pela raiz quadrada da renda e os resíduos

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
1	0.00000	0.38367	-0.38367	. * .
2	0.21320	0.27864	-0.06544	. * .
3	1.02062	0.27727	0.74335	. * . *
4	0.00000	0.27689	-0.27689	. * .
5	0.00000	0.27649	-0.27649	. * .
6	0.83333	0.27782	0.55551	. * . *
7	0.15811	0.27983	-0.12172	. * .
8	0.15076	0.28231	-0.13156	. * .
9	0.72169	0.28514	0.43655	. * . *
10	0.00000	0.28822	-0.28822	. * .
11	0.00000	0.28822	-0.28822	. * .
12	0.68041	0.28983	0.39058	. * . *
13	0.15492	0.29488	-0.13996	. * .
14	0.00000	0.29488	-0.29488	. * .
15	0.00000	0.29488	-0.29488	. * .
16	0.64550	0.29488	0.35062	. * . *
17	0.64550	0.29488	0.35062	. * . *
18	0.00000	0.29488	-0.29488	. * .
19	0.64550	0.29488	0.35062	. * . *
20	0.25000	0.29837	-0.04837	. * .
21	1.00000	0.29837	0.70163	. * . *
22	0.00000	0.29837	-0.29837	. * .
23	0.00000	0.30555	-0.30555	. * .
24	0.22361	0.31287	-0.08927	. * .
25	0.00000	0.31287	-0.31287	. * .
26	0.67082	0.31287	0.35795	. * . *
27	0.00000	0.31287	-0.31287	. * .
28	0.44721	0.31287	0.13434	. * .
29	0.06708	0.31287	-0.24579	. * .
30	0.00000	0.31287	-0.31287	. * .
31	0.11180	0.31287	-0.20107	. * .
32	0.00000	0.31287	-0.31287	. * .
33	1.11803	0.31287	0.80516	. * . *
34	0.08944	0.31287	-0.22343	. * .
35	0.00000	0.31287	-0.31287	. * .
36	0.55902	0.31287	0.24614	. * . *
37	0.11180	0.31287	-0.20107	. * .
38	0.00000	0.31656	-0.31656	. * .
39	0.00000	0.32024	-0.32024	. * .
40	0.00000	0.32393	-0.32393	. * .
41	0.00000	0.33127	-0.33127	. * .
42	0.00000	0.33127	-0.33127	. * .
43	0.50000	0.33127	0.16873	. * . *
44	0.10000	0.33127	-0.23127	. * .
45	0.50000	0.33127	0.16873	. * . *
46	0.00000	0.33127	-0.33127	. * .
47	0.00000	0.33127	-0.33127	. * .
48	0.50000	0.33127	0.16873	. * . *
49	0.00000	0.33127	-0.33127	. * .
50	0.50000	0.33127	0.16873	. * . *
51	0.40000	0.33127	0.06873	. * .
52	0.00000	0.34936	-0.34936	. * .
53	0.77594	0.34936	0.42658	. * . *

54	0.18257	0.34936	-0.16679		.	*		.	
55	0.00000	0.34936	-0.34936		.	*		.	
56	0.91287	0.34936	0.56351		.			*	
57	0.91287	0.34936	0.56351		.			*	
58	0.09129	0.34936	-0.25807		.	*		.	
59	0.00000	0.34936	-0.34936		.	*		.	
60	0.00000	0.34936	-0.34936		.	*		.	
61	0.00000	0.34936	-0.34936		.	*		.	
62	0.91287	0.34936	0.56351		.			*	
63	0.88388	0.35645	0.52743		.			*	
64	0.17678	0.35645	-0.17967		.	*		.	
65	0.52223	0.35996	0.16227		.			*	
66	0.16903	0.36691	-0.19788		.	*		.	
67	0.00000	0.36691	-0.36691		.	*		.	
68	0.00000	0.36691	-0.36691		.	*		.	
69	0.50709	0.36691	0.14018		.			*	
70	0.00000	0.36691	-0.36691		.	*		.	
71	0.42258	0.36691	0.05567		.			*	
72	0.00000	0.36691	-0.36691		.	*		.	
73	0.16667	0.37035	-0.20368		.	*		.	
74	0.63246	0.38387	0.24858		.			*	
75	1.58114	0.38387	1.19727		.			.	*
76	0.00000	0.38387	-0.38387		.	*		.	
77	1.97642	0.38387	1.59255		.			.	*
78	0.39528	0.38387	0.01141		.	*		.	
79	0.79057	0.38387	0.40670		.			*	
80	0.79057	0.38387	0.40670		.			*	
81	0.31623	0.38387	-0.06765		.	*		.	
82	1.97642	0.38387	1.59255		.			.	*
83	0.00000	0.38387	-0.38387		.	*		.	
84	0.63246	0.38387	0.24858		.			*	
85	0.63246	0.38387	0.24858		.			*	
86	0.00000	0.38387	-0.38387		.	*		.	
87	1.58114	0.38387	1.19727		.			.	*
88	0.39528	0.38387	0.01141		.	*		.	
89	0.00000	0.38387	-0.38387		.	*		.	
90	0.39528	0.38387	0.01141		.	*		.	
91	1.34164	0.40025	0.94139		.			.	*
92	0.00000	0.40823	-0.40823		.	*		.	
93	0.57735	0.40981	0.16754		.			*	
94	0.00000	0.41608	-0.41608		.	*		.	
95	0.00000	0.41608	-0.41608		.	*		.	
96	0.70711	0.41608	0.29103		.			*	
97	0.35355	0.41608	-0.06253		.	*		.	
98	1.76777	0.41608	1.35169		.			.	*
99	1.76777	0.41608	1.35169		.			.	*
100	0.00000	0.41608	-0.41608		.	*		.	
101	0.35355	0.41608	-0.06253		.	*		.	
102	0.35355	0.41608	-0.06253		.	*		.	
103	0.35355	0.41608	-0.06253		.	*		.	
104	0.56569	0.41608	0.14960		.			*	
105	0.00000	0.41608	-0.41608		.	*		.	
106	0.00000	0.41608	-0.41608		.	*		.	
107	0.00000	0.43139	-0.43139		.	*		.	
108	0.67420	0.43139	0.24281		.			*	
109	0.45185	0.44623	0.00562		.	*		.	
110	0.00000	0.44623	-0.44623		.	*		.	
111	0.32275	0.44623	-0.12348		.	*		.	
112	0.32275	0.44623	-0.12348		.	*		.	
113	1.61374	0.44623	1.16752		.			.	*

114	0.12910	0.44623	-0.31713		*		
115	0.64550	0.44623	0.19927		.		*
116	0.00000	0.44623	-0.44623		*		.
117	1.55043	0.46062	1.08982		.		*
118	0.23905	0.47460	-0.23555		*		.
119	0.00000	0.47460	-0.47460		*		.
120	0.27951	0.50145	-0.22194		.		.
121	0.00000	0.50145	-0.50145		*		.
122	1.39754	0.50145	0.89610		.		*
123	0.10541	0.52698	-0.42157		*		.
124	0.00000	0.55137	-0.55137		*		.
125	0.00000	0.55137	-0.55137		*		.
126	0.00000	0.55137	-0.55137		*		.
127	0.25000	0.55137	-0.30137		*		.
128	1.36931	0.59723	0.77208		.		*
129	0.91287	0.59723	0.31564		.		*
130	1.02062	0.66016	0.36046		.		*
131	1.02062	0.66016	0.36046		.		*
132	0.00000	0.71764	-0.71764		*		.
133	0.24749	0.75355	-0.50606		*		.
134	0.17678	0.75355	-0.57677		*		.

ANEXO 4

QUESTIONÁRIO PARA VALORAÇÃO CONTINGENTE E RESULTADOS DE SUA APLICAÇÃO

QUESTIONÁRIO PARA VALORAÇÃO CONTINGENTE

O objetivo deste questionário é avaliar os efeitos da poluição do ar em São Paulo para as diversas classes de renda, levando-se em consideração a região onde mora, estuda e trabalha.

Para que a pesquisa alcance sua finalidade, é importante que você reflita antes das respostas relacionadas à poluição do ar e que o questionário seja respondido da forma mais completa possível.

DADOS GERAIS

Nome: _____

Sexo: F () M () Idade: _____

Nível de instrução (escolaridade): _____

Bairro onde mora: _____

Zona onde mora: Sul () Leste () Oeste () Norte () Centro ()

Você trabalha? _____ Quantas horas por dia? _____

Profissão: _____ Está desempregado? _____

Renda pessoal (mensal): _____ OBS: Se estiver desempregado colocar a renda de antes de perder o emprego.

Renda familiar(mensal): _____ No.de pessoas na família: _____

Bairro onde trabalha: _____

Zona do trabalho: Sul () Leste () Oeste () Norte () Centro ()

Você estuda? _____ Bairro onde estuda: _____

Zona onde estuda: Sul () Leste () Oeste () Norte () Centro ()

Você dá permissão para contactá-lo novamente: sim () não ()

Telefone: _____

1) Quais os locais em que você passa mais horas durante o dia (nos dias de semana) ? _____

PROBLEMAS, GASTOS E SUGESTÕES

2) Este ano você teve algum problema de saúde causado por poluição do ar? Qual(ais)? _____

3) Quantas vezes você foi ao médico por causa disso? Teve gastos? Quanto?

4) Teve gastos com remédios? Quanto? _____

5) Foi internado? _____ Quantos dias? _____ Gastos? _____

6) Teve perda de dias de trabalho? _____ Quantos? _____

7) Teve problemas com produtividade no estudo ou no trabalho? Explique

8) Teve outros gastos com pintura de casa,...por causa da poluição do ar? _____ Quais? _____

Quanto gastou? _____

9) Foi afetado por outros problemas causados pela poluição do ar como plantas que morreram,...? Quais? Quanto gastou? _____

10) Quais as sugestões que você daria para melhorar o problema da poluição do ar em São Paulo? _____

MEIOS DE TRANSPORTE

11) Qual (ais) o(s) tipo(s) de transporte que você mais utiliza no dia-a-dia? _____

12) Tempo gasto com locomoção por dia: _____

13) Se você tem carro, seria capaz de deixá-lo em casa e utilizar outro meio de transporte? _____ Qual? _____

14) Quais os meios de transporte que você evitaria usar? Por que?

VALORAÇÃO

15) Se você tivesse que pagar uma **taxa anual** para que a poluição do ar diminuísse a níveis que não causasse problemas para você, para as outras pessoas e para o planeta, quanto você estaria disposto a pagar (**OBS:** para responder esta questão leve em consideração a sua renda)?

R\$ 25,00 () R\$ 50,00 () R\$ 100,00 () R\$ 200,00 ()

Outro valor () Qual? _____ Por que? _____

16) Este valor seria pago individualmente ou por uma família de 5 pessoas, por exemplo? _____

17) Cite 4 (quatro) problemas ambientais que você considera mais importantes a serem resolvidos na cidade de São Paulo. Eles devem ser colocados em ordem de prioridade (**o número 1 deve ser o de maior importância**):

1- (maior importância) _____

2- _____

3- _____

4- _____ (menor importância) _____

**Tabela 11 - Resultados da aplicação do questionário de valoração
contingente- novembro de 1999**

Renda Familiar (em R\$)	Idade	Disposição a Pagar (em R\$)	Bairro ¹	Sexo
130	23	0	Cerqueira César	M
550	24	5	Vila Leopoldina	M
600	21	25	Itaim Bibi	M
620	26	0	Vila Clementino	M
800	28	0	Centro	F
900	23	25	Itaim Bibi	F
1000	20	5	Higienópolis	M
1100	23	5	Vila dos Remédios	M
1200	23	25	Higienópolis	F
1300	20	0	Butantã	M
1300	22	0	Vila Leopoldina	M
1350	20	25	Cerqueira César	F
1500	23	0	Itaim Bibi	M
1500	23	0	Higienópolis	M
1500	23	0	Butantã	M
1500	20	6	Barueri	F
1500	18	25	Centro	F
1500	21	25	Santo Amaro	F
1500	34	25	Cerqueira César	F
1600	23	0	Centro	M
1600	22	40	Água Funda	M
1600	26	10	Cerqueira César	F
1800	23	0	Centro	M
1800	20	100	Centro	F
2000	20	0	Cerqueira César	M
2000	19	4	Brooklin	M
2000	19	0	Higienópolis	M
2000	24	10	Santo Amaro	M
2000	25	0	Higienópolis	M
2000	24	30	Itaim Bibi	M
2000	27	25	Santo Amaro	M
2000	31	5	Brooklin	M
2000	39	50	Centro	M
2000	19	3	Centro	F
2000	21	20	Osasco	F
2000	23	0	Centro	F
2000	23	5	Centro	F
2000	21	0	Centro	F
2100	23	0	Barueri	F
2200	22	0	Santo Amaro	M
2300	27	0	Santo Amaro	M
2500	20	0	Paraíso	M
2500	20	0	Pinheiros	M
2500	20	5	Centro	M
2500	20	0	Cerqueira César	M
2500	19	25	Santo Amaro	M
2500	21	0	Arthur Alvim	M
2500	46	0	Centro	M
2500	20	25	Centro	F

2500	21	25	Morumbi	F
2500	22	20	Itaim Bibi	F
2500	21	25	Móoca	F
3.000	20	5	Aclimação	M
3000	21	0	Jardim Paulista	M
3000	21	0	Centro	M
3000	35	0	Santo Amaro	M
3000	31	0	Centro	M
3000	20	42,5	Pinheiros	F
3000	19	50	Consolação	F
3000	20	10	Ibirapuera	F
3000	22	50	Cerqueira César	F
3000	25	0	Cerqueira César	F
3000	23	50	Santo Amaro	F
3200	20	50	Perdizes	M
3200	22	10	Santa Cecília	F
3300	23	30	Cerqueira César	F
3500	21	30	Cerqueira César	M
3500	19	10	Centro	F
3500	20	0	Cotia	F
3500	23	0	Cerqueira César	F
3500	23	0	Parque Continental	F
3500	24	0	Sumaré	F
3500	22	25	Vila Leopoldina	F
3600	20	10	Cerqueira César	F
4000	20	50	Centro	M
4000	20	40	Cerqueira César	M
4000	20	250	Bela Vista	M
4000	19	25	Jardim Paulista	M
4000	24	0	Jardim Paulista	M
4000	21	100	Butantã	M
4000	21	0	Pinheiros	M
4000	23	40	República	M
4000	20	25	Centro	F
4000	20	125	Centro	F
4000	20	20	Perdizes	F
4000	20	0	Moema	F
4000	25	50	Higienópolis	F
4000	22	25	Vila Antonieta	F
4000	22	125	São Caetano	F
4000	25	40	Vila Monumento	F
4000	22	0	Consolação	F
4000	29	100	Cotia	F
4000	32	200	Higienópolis	F
4500	20	300	Pinheiros	M
4500	22	90	Santo Amaro	F
4750	20	0	Higienópolis	F
4800	21	40	Móoca	M
5000	20	0	Centro	M
5000	19	0	Higienópolis	M
5000	24	25	Centro	M
5000	24	25	Pinheiros	M
5000	23	0	Centro	M

5000	25	40	Itaim Bibi	M
5000	24	200	Centro	M
5000	21	50	Centro	M
5000	19	25	Cantareira	F
5000	19	300	Cerqueira César	F
5000	20	0	Cerqueira César	F
5000	21	125	Osasco	F
5000	23	25	Santo Amaro	F
5000	21	125	Centro	F
5000	28	0	Bela Vista	F
5500	19	0	Morumbi	M
5500	24	50	Bela Vista	F
6000	18	25	Consolação	M
6000	20	50	Santa Cecília	M
6000	20	125	Itaim Paulista	M
6000	23	0	Butantã	M
6000	22	35	Centro	M
6000	21	25	Cerqueira César	M
6000	27	0	Pinheiros	F
6000	34	10	Santo Amaro	F
6500	22	125	Barueri	F
7000	22	0	Centro	M
7000	20	20	Centro	F
8000	18	25	Aclimação	M
8000	23	125	Cambuci	M
8000	26	0	Jardins	F
9000	20	10	Morumbi	F
10000	20	0	Centro	M
10000	20	0	Lapa	M
10000	19	300	Higienópolis	M
10000	21	25	Jardins	M
10000	19	0	Jardim Paulista	F
12000	22	100	Santo Amaro	M
12000	25	150	Itaim Bibi	M
15000	20	125	Santa Cecília	M
15000	23	125	Tucuruvi	M
15000	20	250	Centro	F
18000	23	0	Santo Amaro	M
20000	20	25	Cerqueira César	M
20000	24	35	Jaguare	M

1- A informação sobre o bairro se refere ao local onde a pessoa passa mais tempo durante o dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDT, Toke S. (1998) "Political Internalization of Economic Externalities and Environmental Policy", *Journal of Public Economics*, vol. 69, no. 1, July 1998, p. 01 -16.
- ANUATTI NETO, Francisco (1998) "Capítulo 9 - Regulamentação dos Mercados", in PINHO, Diva Benevides & VASCONCELLOS, Marco Antônio Sandoval de (1998) *Manual de Economia: Equipe de Professores da USP*. São Paulo: Editora Saraiva, 3a. edição, 1998.
- BANCO MUNDIAL (1992) *Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1992: Desenvolvimento e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas (edição em português), 1992.
- BATES, David V. (1994) *Environmental Health Risks and Public Policy: Decision Making in Free Societies*. Washington: The University of Washington Press, 1994.
- BENAKOUCHE, Rabah & SANTA CRUZ, René (1994) *Avaliação Monetária do Meio Ambiente*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- BOARDMAN, Anthony E. et alii (1996) *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Upper Saddle River: Prentice Hall, Inc., 1996.
- BÖHM, György Miklós (1998) "Poluição e Estatística", *Revista Paulista de Hospitais*, ano 36, vol. 36, nos. 10, 11 e 12, out./nov./dez. 1998, p. 171.
- BREKKE, Kjell Arne (1998) "Reply to J. Drèze and P-O Johansson", *Journal of Public Economics*, vol. 70, no. 3, December 1998, p. 495 - 496.
- CARNEIRO DE MATOS, Orlando (1997) *Econometria Básica: Teoria e Aplicações*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- CERQUEIRA, Luciana de (1999) "Poluição do Ar: Situação Preocupante, Porém Controlada", *Saneamento Ambiental*, ano 10, no. 55, janeiro/fevereiro 1999, p. 14-20.
- CETESB (1999) *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 1998*. São Paulo: CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/ Secretaria do Meio Ambiente, 1999.
- CONTADOR, Cláudio R. (1997) *Projetos Sociais: Avaliação e Prática*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

- CORNES, Richard & SANDLER, Todd (1996) *The Theory of Externalities, Public Goods and Club Goods*. Cambridge: Cambridge University Press, second edition, 1996.
- CORSON, Walter H. (1993) *Manual Global de Ecologia: o que Você Pode Fazer a Respeito da Crise do Meio Ambiente*. São Paulo: Editora Augustus, 1993.
- D'AVIGNON, Alexandre (1994) "Queima de combustíveis degrada as cidades", *Ciência Hoje*, vol. 17, no. 99, abril/94, p. 48-50.
- DERÍSIO, José C. (1992) *Introdução ao Controle da Poluição Ambiental*. São Paulo: CETESB, 1992.
- DINWIDDY, Caroline & TEAL, Francis (1996) *Principles of Cost-Benefit Analysis for Developing Countries*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- DREZE, Jean (1998) "Distribution Matters in Cost-Benefit Analysis: Comment on K.A. Brekke", *Journal of Public Economics*, vol. 70, no. 3, December 1998, p. 485- 488.
- EATWELL, John *et alii* (1987) *The New Palgrave: a Dictionary of Economics*. London: The MacMillan Press Limited, 1987.
- ECONOMIST (1999) "20th Century Survey: Our Durable Planet", *Economist*, vol. 352, no. 8136, September 11th - 17th 1999, p. 25 - 27.
- ECONOMIST (1998) "An Invaluable Environment", *The Economist*, April 18th-24th 1998, p. 75.
- EKINS, Paul *et alii* (1992) *The Gaia Atlas of Green Economics*. New York: Anchor Books, 1992.
- FALCÃO, Luiz A. (1995) "Poluição é Pior que Enchente, Revela Pesquisa", *Estado de São Paulo*, 19 de março de 1995, p. C-6.
- FIELD, Barry C. (1995) *Economía Ambiental Una Introducción*. Santafé de Bogotá: Mc GrawHill, 1995.
- FOLHA DE SÃO PAULO (1999) "Agosto Foi o Mês Mais Poluído do Ano", *Folha de São Paulo*, Especial Qualidade de Vida em São Paulo, 05/09/99, p.4.
- GALVÃO FILHO, João B. (1990) "Poluição do Ar", in MARGULIS, Sérgio (org.) *Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA), 1990.
- GUJARATI, Damodar N. (1995) *Econometria Básica*. São Paulo: Makron Books, 1995.

- HILL, Marquita K. (1997) *Understanding Environmental Pollution*. Cambridge University Press, 1997.
- HONKIS, Miécio A. J. (1977) "A Poluição do Ar e a Ozonosfera", in IBGE (1977) *Recursos Naturais, Meio Ambiente e Poluição: Contribuições de um Ciclo de Debates*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1977, p. 203-208.
- HYMAN, David N. (1996) *Public Finance: a Contemporary Application of Theory to Policy*. Orlando: The Dryden Press, 1996, fifth edition.
- JOHANSSON, Per-Olov (1998) "Commentary: Does the Choice of Numéraire Matter in Cost-Benefit Analysis?", *Journal of Public Economics*, vol 70, no. 3, December 1998, p. 489 - 493.
- JOHANSSON, Per-Olov (1993) *Cost-Benefit Analysis of Environmental Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- KUCINSKI, Bernardo (1982) "Cubatão: uma Tragédia Ecológica", *Ciência Hoje*, ano 1, no. 1, julho/agosto 1982, p. 10-24.
- LICHTENFELDS, A J *et alii* (1993) "Correlação entre a Poluição Atmosférica em Idosos na Região Metropolitana de São Paulo", *Anais da 8ª Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental*, Caxambu, 1993.
- LONGO, Carlos A. (1984) *Finanças Públicas: uma Introdução*. São Paulo: IPE-USP, 1984.
- MENDES, Ana Paula Fernandes (1993) *Uma Avaliação do Impacto Ambiental no Brasil: Poluição do Ar e Mortalidade*. Rio de Janeiro: UFRJ/Instituto de Economia Industrial, dissertação de mestrado, 1993.
- MILLER, Roger LeRoy (1981). *Microeconomia: teoria, questões e aplicações*. São Paulo: McGrawHill, 1981.
- MISHAN, E. J. (1976) *Análise de Custos-Benefícios: uma Introdução Informal*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.
- MOREIRA, Maura S. T. Esperancini (1999) *Custos da Poluição Atmosférica no Município de São Paulo: uma avaliação pela Morbidade*. São Paulo: FEA-USP, tese de doutoramento, 1999.
- MUSGRAVE, R. A. (1969) "Cost-Benefit Analysis and the Theory of Public Finance", *Journal of Economic Literature*, 7(3), September 1969, p. 797-806.

- NOGUEIRA, Jorge M. & MEDEIROS, Marcelo A. A. de (1997) "Quanto Vale Aquilo que Não Tem Valor? Valor de Existência, Economia e Meio Ambiente"; in *Anais do XXV Encontro Nacional de Economia*, ANPEC, Recife, vol 2, dezembro de 1997, p. 861-879.
- ORSINI, Celso & ANDRADE, Maria de Fátima (1997) "Panorama da Poluição do Ar no Brasil", in REBOUÇAS, Aldo da Cunha (org.) (1997) *Panoramas da Degradação do Ar, da Água Doce e da Terra no Brasil: Rio 92 Cinco Anos Depois*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados (IEA)-USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997, p. 07-57.
- ORSINI, Celso (1994) "Problemas de Poluição do Ar", in MAGALHÃES, Luiz Edmundo (coord.) (1994) *A Questão Ambiental*. São Paulo: Terragraph Artes e Inf. S/C Ltda, 1994.
- OYARZUN, Diego Azqueta (1994) *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Madrid: McGrawHill, 1994.
- PEARCE, David W. (1993) *Economic Values and the Natural World*. Cambridge: MIT Press, 1993.
- PEREIRA, Luiz Alberto Amador (1999) *Associação Entre Poluição Atmosférica e Perdas Fetais Tardias no Município de São Paulo*. São Paulo: Faculdade de Medicina da USP (FMUSP), tese de doutoramento, 1999.
- PINDYCK, Robert S. & RUBINFELD, Daniel L. (1994) *Microeconomia*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- PINOTTI, José Aristodemo (1998) "Um Olhar Verde e Inteligente", *Folha de São Paulo*, 24/09/98, p. 3-2.
- PINTO COELHO, Aristides (1977) "Aspectos da Poluição do Ar e o Meio Ambiente Brasileiro", in IBGE (1977) *Recursos Naturais, Meio Ambiente e Poluição: Contribuições de um Ciclo de Debates*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, p. 155-169.
- PORTNEY, Paul R. (1989) "Benefícios Ambientais Versus Custos: a Consecução de um Equilíbrio", *Economic Impact*, no. 65 (edição em português), 1989/3, p. 32-38.
- PREST, A. R. & TURVEY, R. (1965) "Cost-Benefit Analysis: a Survey", *Economic Journal*, 75, December 1965, p. 683-735.
- ROCHA FILHO, Milton F. da (1997) "São Paulo Já Tem Um Carro para Cada Dois Habitantes", *Estado de São Paulo*, 21/03/97, p. C-1.

- SALDIVA, Paulo Hilário (1997) "Poluição Atmosférica e Saúde: a Experiência da Cidade de São Paulo", *Revista do INCOR*, vol. 3, no. 29, agosto de 1997, p. 44-45.
- SERÔA DA MOTTA, R. (1998) *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA)/IPEA/PNUD/CNPq, 1998.
- SEWELL, Granville H. (1978) *Administração e Controle da Qualidade Ambiental*. São Paulo: EPU/EDUSP/CETESB, 1978.
- SOBRAL, Helena R. (1996) *O Meio Ambiente e a Cidade de São Paulo*. São Paulo: Makron Books, 1996.
- SÖDERBAUM, Peter (1987) "Environmental Management: a Non-Traditional Approach", *Journal of Economic Issues*, vol 21, no. 1, March 1987, p. 137-165.
- TOLEDO, José Roberto de (1999) "Índice da Folha Avalia São Paulo", *Folha de São Paulo*, Especial Qualidade de Vida em São Paulo, 05/09/99, p. 01.