



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Escola Politécnica & Escola de Química

Programa de Engenharia Ambiental

**JOSÉ MAURO DE CARVALHO CUNHA**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE MONITORAMENTO DA  
POLUIÇÃO DO AR E OS EFEITOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO DO RJ**

**Rio de Janeiro**

**2011**



**José Mauro de Carvalho Cunha**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE MONITORAMENTO DA  
POLUIÇÃO DO AR E OS EFEITOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO DO RJ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. DSc. Eduardo Gonçalves Serra

Coorientador: Prof. DSc. Claudinei de Souza Guimarães

Rio de Janeiro

2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Cunha, José Mauro de Carvalho.

Avaliação econômica das alternativas de monitoramento da poluição do ar e os efeitos na saúde da população do RJ. / José Mauro de Carvalho Cunha. - 2011.

f. : 68

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2011.

Orientador: Prof. DSc. Eduardo Gonçalves Serra e Prof. DSc. Claudinei de Souza Guimarães.

1. Biomonitoramento. 2. Poluição do ar. 3. Doenças respiratórias, cardiovasculares, oftalmológicas, cancerígenas e dermatológicas. 4. Epidemiologia. 5. Depvat. 6. Políticas Públicas. 7. Risco administrativo. 8. Custo da doença. I. Serra, Eduardo Gonçalves e Guimarães, Claudinei de Souza. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III Título.



UFRJ

**Avaliação econômica das alternativas de monitoramento da poluição do ar e os efeitos na saúde da população do RJ.**

José Mauro de Carvalho Cunha

**Orientador: Prof. DSc. Eduardo Gonçalves Serra. e Prof. DSc. Claudinei de Souza Guimarães**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

**Aprovada pela Banca:**

**Eduardo Gonçalves Serra, Presidente. Prof. DSc.**

**Claudinei de Souza Guimarães, Prof. DSc. – Co-orientador**

**Paulo Pereira de Gusmão, Prof. DSc.**

**Suzana Borschiver, Prof. DSc.**

**Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, Prof. DSc.**

**Rio de Janeiro / 2011**

À minha mãe, Zoraide, *in memoriam*, pela altivez em sua conduta de vida e a perseverança que nos transmitiu ao longo da vida. Ao meu pai, Vadir, pela demonstração de dedicação ao trabalho ao longo de sua vida profissional e amor à família. À minha esposa Emne e minha filha Tamis pela paciência e compreensão quanto aos momentos de convívio que lhes furtei. Aos meus irmãos pelas boas lembranças de nossa formação.

## **AGRADECIMENTOS.**

Ao Professor Dr. Eduardo Gonçalves Serra e Professor Dr. Claudinei de Souza Guimarães, pela orientação e críticas construtivas, que permitiram chegar a realização do presente trabalho e a respectiva conclusão após alguns meses de perseverança.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Cláudia do Rosário Vaz Morgado pelo apoio e disponibilidade de estrutura apresentados durante o período de pesquisa, bem como o incentivo para avançar nas pesquisas e a confiança demonstrada.

Ao Professor Dr. Assed Naked Haddad pela orientação do método de pesquisa e busca de artigos através de aplicativos, que resultou em incentivo e apoio à elaboração da dissertação.

Aos Professores do Programa de Engenharia Ambiental pelas orientações e informações repassadas ao longo do curso.

Aos funcionários da biblioteca da escola politécnica pela ajuda e colaboração nas fontes de pesquisa.

A Ioná, Cristiane, Viviane, Kárida, Elvis e todos os novos colegas que ajudaram a conclusão do trabalho.

Aos profissionais e colegas do INEA que apoiaram e colaboraram com material e fontes de pesquisas, necessários ao levantamento de dados e acesso às informações.

Aos profissionais da área médica que motivados pelo tema demonstraram interesse e colaboraram com artigos e críticas ao trabalho.

## RESUMO

CUNHA, JOSÉ MAURO DE CARVALHO. Avaliação Econômica das alternativas de monitoramento da poluição do ar e os efeitos na saúde da população. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica e Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Os efeitos da poluição do ar na saúde das pessoas e na qualidade de vida da população preocupam muito, em razão das alterações geradas e o agravamento de problemas já existentes. Concentra-se a abordagem no Município do Rio de Janeiro, onde, apesar das emissões industriais se encontrarem sob controle, emissões veiculares, pelo contrário, demonstram um crescimento significativo, atingindo 77% de representatividade do total de poluentes emitidos para a atmosfera.

A Avaliação do sistema de monitoramento do ar por estações automáticas, comparado ao sistema de indicadores biológicos, no que concerne ao custo incorrido e o desempenho obtido de cada método, demonstra pontos positivos quanto aos custos, para o biomonitoramento, e menor eficiência deste quando comparado aos resultados das estações automáticas, mas nada tão significativo, que comprometa os resultados. Os órgãos responsáveis pelo controle da qualidade do ar na esfera Estadual e Municipal costumam optar pelo processo mais dispendioso, isto dificulta a expansão da rede de monitoramento a todos os bairros.

Em contrapartida a implantação de uma rede de biomonitoramento, como alternativa de custo mais baixo, permite estender o controle da qualidade do ar a todos os bairros do Rio de Janeiro, conforme determina a lei 8723 de 1993, aplicável aos Municípios com população acima de 500.000( quinhentos mil ) habitantes.

É indicado o aprofundamento de pesquisas e estudos epidemiológicos, para permitir melhor conhecimento da saúde da população, sua qualidade de vida e o custo de doenças, respiratórias, cardiovasculares, dermatológicas e oftalmológicas causadas pela poluição atmosférica, que atingem a população.

É apresentada proposta para captar recursos parciais do DEPVAT, como política pública, que visa arcar com a recuperação da saúde das pessoas, e a implantação de laboratório de biomonitoramento, face, a elevada representatividade dos poluentes atmosféricos atribuída aos transportes.

**Palavras-chave:** Doenças respiratórias; Poluição atmosférica; Saúde da população; Biomonitoramento; Custo da doença; Custos de monitoramento.

## ABSTRACT

CUNHA, JOSE MAURO DE CARVALHO. Economic Evaluation of Alternative monitoring of air pollution and effects on population health. Rio de Janeiro, 2011. Dissertation (MSc in Environmental Engineering) - Polytechnic School and School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

The effects of air pollution on people's health and quality of life of people very concerned, because of changes generated and aggravation of existing problems. Concentrate the approach in the city of Rio de Janeiro, where despite the industrial emissions are under control, vehicle emissions, by contrast, show significant growth, reaching 77% representation of total pollutants emitted into the atmosphere.

The rating system for air monitoring stations automatic, compared to the system of biological indicators, in relation to the cost incurred and performance achieved for each method shows good points about the costs, for biomonitoring, and this lower efficiency when compared to results of automatic stations, but nothing so significant, that compromises the results. The bodies responsible for control of air quality in state and municipal sphere tend to opt for more expensive process, this hinders the expansion of the monitoring network to all districts. However the deployment of a network of biomonitoring as an alternative lower-cost, allows you to extend the control of air quality for all neighborhoods of Rio de Janeiro, according to the law 8723 of 1993, which applies to municipalities with populations above 500,000 (five hundred thousand) inhabitants.

It indicated further research and epidemiological studies to allow better understanding of population health, quality of life and cost of diseases, respiratory, cardiovascular, dermatological and ophthalmologic caused by air pollution, affecting the population.

It presented a proposal to raise funds DEPVAT partial, as public policy, which aims to cope with the recovery of health, and the implementation of biomonitoring laboratory, given the high representative of air pollutants attributable to transport.

**Keywords:** Respiratory, Air Pollution, Population Health, Biomonitoring, Cost of illness and costs of monitoring

## SUMÁRIO

Apresentação do Tema:

Avaliação Econômica das Alternativas de Monitoramento do Ar e os Reflexos na Saúde da População do RJ.

1	Introdução .....	1
1.1	Elementos da Composição do Ar .....	4
1.2	Principais poluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde presentes no Ar .....	5
1.3	Fontes de emissão .....	6
2	Objetivo .....	9
2.1	Objetivo Geral.....	9
2.2	Objetivos Específicos.....	9
3	Justificativa .....	9
4	Metodologia.....	14
4.1	Premissas .....	14
4.2	Hipóteses .....	14
4.3	Etapas .....	15
4.4	Diagrama Esquemático das Etapas .....	16
4.4.1	Diagrama Inicial .....	16
4.4.2	Diagrama Final .....	17
5	Poluição do Ar no Município do Rio de Janeiro .....	17
5.1	Principais Fontes / Tipologia .....	17
5.1.1	A Poluição Industrial .....	17
5.1.2	A Poluição Veicular .....	20
5.3	Inventário das Principais Fontes de Emissões Atmosféricas .....	23
5.3.1	Definição.....	23
5.3.2	As Fontes, Industrial e Veicular, de Poluição do Ar no Município do RJ.....	24
5.4	Os efeitos Externos da Poluição .....	25
5.5	A medição da poluição do ar – O caso do Município do Rio de Janeiro.....	26
5.6	Os Efeitos da Poluição no Custo da Saúde da População do RJ.....	28
5.7	Qualidade do Ar na RMRJ.....	32
5.7.1	Contexto de Qualidade do Ar na RMRJ.....	32
5.7.1.1	Breve Histórico da Implantação da Rede de Monitoramento do Ar no RJ.....	33
5.7.2	Seleção das Áreas de Monitoramento da Qualidade do Ar adotados p/ INEA...35	
5.7.3	Instrumentos Legais ao Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos.....	38

5.8 Epidemiologia da Poluição do Ar no Município do Rio de Janeiro.....	39
5.8.1 Efeitos da Poluição na Saúde , Custos Privados e Custos Sociais.....	40
5.8.2 Custos Sociais.....	43
5.8.2.1 Custos Sociais do Ponto de Vista Econômico.....	43
5.8.2.2 Custos Sociais do Ponto de Vista Jurídico.....	44
5.9 Mortalidade .....	46
5.10 Morbidade .....	47
5.10.1 Cálculo do N° de Dias Perdidos de Trabalho .....	48
5.10.2 Cálculo da Renda Média Mensal .....	49
5.10.3 Cálculo do Custo da Doença .....	49
5.10.4 Apuração do Custo da Saúde Associado à Poluição Atmosférica , exclusivo, à doenças Respiratórias para População Não Economicamente Ativa.....	58
5.10.5 Apuração do Custo da Saúde Associado à Poluição Atmosférica, exclusivo, à doenças Respiratórias para População Economicamente Ativa.....	59
6 Alternativas de Monitoramento do Ar.....	62
6.1 Estação Automática de Monitoramento .....	63
6.2 Procedimentos para Realização do Biomonitoramento.....	64
6.2.1 Para Amostras de Cascas de Árvores .....	64
6.2.2 Para Amostras de Material Particulado.....	64
6.2.3 Para Amostras de <i>Trandescantia Pallida</i> .....	65
6.3 Custos de Estruturação do Laboratório de Biomonitoramento .....	66
7 Síntese.....	71
8 Referências Bibliográficas .....	74
Anexo 1 .....	79

## Lista de Tabelas

Tabela 1 Níveis máximos recomendados pela OMS.....	6
Tabela 2 Taxa de emissão por tipologia Industrial .....	19
Tabela 3 Estabelecimentos Industriais por Classes .....	20
Tabela 4 Principais Fontes de Emissões Industriais na RMRJ 2002.....	21
Tabela 5 Principais Substâncias Consideradas como Poluentes do Ar e Respektivas Fontes de Emissão.....	30
Tabela 6 Principais Parâmetros Monitorados nas Estações Elencadas.....	36
Tabela 7 Boletim de Qualidade do Ar PMRJ.....	37
Tabela 8 Instrumentos Legais para Controle da Poluição Atmosférica.....	38
Tabela 9 Local dos Postos de Monitoramento do Ar no Município do RJ.....	41
Tabela 10 PIB Per Capita do Município do Rio de Janeiro entre 2001/2007.....	50
Tabela 11 Rendimento Médio Mensal das Famílias por Faixas Etárias(PNEA).....	50
Tabela 12 Rendimento médio mensal das famílias por faixas etárias(PEA).....	51
Tabela 13 Doenças crônicas declaradas versus rendimento das famílias.....	51
Tabela 14 Internações Hospitalares nos Últimos Doze Meses.....	52
Tabela 15 Média de permanência de Internações Hospitalares.....	53
Tabela 16 Número de Internações Hospitalares por Faixas Etárias.....	53
Tabela 17 Número de Internações de Todas Faixas Etárias.....	54
Tabela 18 Média de Permanência de Todas as Faixas Etárias.....	55
Tabela 19 Valor Médio das Internações Hospitalares no Município(PNEA).....	55
Tabela 20 Valor Médio de Internações Hospitalares no Município( PEA).....	56
Tabela 21 Valor Total dos Gastos com Doenças Respiratórias (PNEA).....	56
Tabela 22 Evolução do Valor dos Rendimentos Médio Mensal.....	57
Tabela 23 Valor Total dos Gastos com Doenças Respiratórias (PEA).....	57
Tabela 24 Discriminação de Componentes de Laboratório de Biomonitoramento.....	67

## Lista de Figuras, Gráficos e Quadros

Figura 1 Delimitação das Sub-Regiões da RMRJ.....	31
Figura 2 <i>Trandescantia Pallida</i> .....	66
Figura 3 Laboratório Biomonitoramento com Equipamento EDXRF 700.....	68
Gráfico 1 Vendas Reais das Indústrias no ERJ entre 1996 e 2011.....	07
Gráfico 2 Evolução do Transporte Rodoviário, Frota Nacional Veículos Automotores.....	08
Quadro 1 Principais Efeitos Respiratórios Adversos Associados aos Poluentes do Ar Originados da Queima de Combustíveis Fósseis.....	12
Quadro 2 Efeitos dos Poluentes à Saúde.....	29
Quadro 3 Configuração e Preço dos Equipamentos.....	68
Quadro 4 Composição Orçamentária dos Custos de Implantação do Laboratório.....	69
Quadro 5 Orçamento para Plantio de Mudas Foliares e Arbóreas.....	70
Quadro 6 Orçamento Global para Implantação do Laboratório.....	71

## Lista de Abreviaturas

ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
Art.	Artigo
BTU	Unidade Térmica Britânica
Caput	Cabeçalho/ Cabeça
CC	Código Civil
CECA	Conselho Estadual de Controle Ambiental
CEPERJ	Fundação Centro de Estudos Pesquisa e Formação dos Servidores Públicos do Estado do Rio de Janeiro
CVF	Capacidade Vital Forçada
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CSA	Companhia Siderúrgica do Atlântico
DAP	Disposição a Pagar por Risco de Morte
DATASUS	Banco de Dados do Sistema único de Saúde
DETRAN	Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro
EDXRF	Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia
ERJ	Estado do Rio de Janeiro
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FIRJAN	Federação das Industrias do Estado do Rio de Janeiro
FRX	Fluorescência por Raio X
H/hora	Homem hora
HOT SPOTS	Concentração / Pontos Quentes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
IPI	Imposto Sobre a Produção Industrial
ISO	International Organization for Standardization
Kg	kilograma
L	Litro
m	metros
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Mé	Média

mm	Milímetro
mpA	Minipascal
MN	Manual de Normas
NCC	Novo Código Civil
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEA	População Economicamente Ativa
PIB	Produto Interno Bruto
PMRJ	Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro
PNEA	População Não Economicamente Ativa
PROCON	Programa de Autocontrole de Emissões para Atmosfera
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SLAM	Sistema de Licenciamento Ambiental
SLAP	Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMSDC	Secretaria Municipal de Saúde e Defesa Civil
Ton	Tonelada
UTE	Unidade Tratamento de Efluentes
VR	Valor
VEF	Volume Expiratório Forçado
VVE	Valor de Uma Vida Estatística
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Micrograma por Metro Cúbico
Ø	Diâmetro

## Lista de Símbolos de Elementos e Substâncias Químicas

Ag	Prata
Al	Alumínio
As	Arsênio
C	Carbono
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CH <sub>4</sub>	Metano
CFC's	Clorofluorcarbonos
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Fe	Ferro
HC	Hidrocarbonetos
HCl	Ácido Clorídrico
HF	Gás Fluorídrico
Hg	Mercúrio
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido Bórico
K	Potássio
Li	Lítio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MP	Material Particulado Inalável
N	Nitrogênio
Na	Sódio
Ni	Níquel
NO	Ácido Nítrico
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrogênio
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
O	Oxigênio
O <sub>3</sub>	Ozônio

P	Fósforo
PB	Chumbo
PI	Partículas Inaláveis
PTS	Partículas Totais em Suspensão
S	Enxofre
Si	Silício
Sn	Estanho
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
SO <sub>3</sub>	Trióxido de Enxofre
Ti	Titânio
Zn	Zinco

## 1 Introdução

A constatação do fato de que as ações do Homem impactam diretamente a natureza, atingindo os principais biomas do planeta e colocando em risco a continuidade da existência da espécie humana, começou a ficar evidente a partir do fim do século XIX até o período anterior à segunda Guerra Mundial, que tem como forma preferencial de intervenção estatal a disputa em tribunais, onde as vítimas das externalidades negativas ambientais entram em juízo contra agentes poluidores ou devastadores (LUSTOSA; CÁNEPA; YOUNG, 2003).

A poluição do ar, do solo e das águas, já numa segunda fase nos anos 50 denominada política de comando e controle, assumiu características definidas, exemplo, a imposição pela autoridade ambiental, de padrões de emissão incidentes sobre a produção final do agente poluidor; e a determinação da melhor tecnologia disponível para diminuição da poluição e cumprimento do padrão de emissão. Não havia mais possibilidade de o Estado se apoiar somente no Direito Civil nas disputas de caso a caso, sendo necessário dispor de instrumentos vinculados ao Direito Administrativo, mais adequados a uma demanda maciça de causas em escala difusa no seio da sociedade.

As exigências da autoridade ambiental de relatórios de impacto ambiental, prévios, preocupada em antever os impactos futuros de emissões provocadas por plantas de produção de bens materiais em larga escala, nos diversos sistemas de produção desenvolvidos pela ação antrópica da sociedade para satisfazer suas necessidades, levou a implantação de análises destes impactos ambientais por diversos ângulos, não só pela poluição do ar e dos corpos d'água, passou-se a considerar aspectos sociais, econômicos e jurídicos. Enfim uma abordagem conjuntural mais abrangente do que se considerava antes.

Os países desenvolvidos deram vazão à produção em resposta a demanda imposta pela sociedade. Encontram-se hoje em uma terceira fase da política ambiental, conhecida como política mista de comando e controle. Padrões de emissão deixam de ser meio e fim da intervenção estatal, e passam a ser instrumentos de uma política que usa diversas alternativas e possibilidades para a consecução de metas acordadas socialmente (LUSTOSA; CÁNEPA; YOUNG, 2003).

O atual padrão tecnológico da produção industrial é intensivo em energia e matérias primas. Não é possível que uma tecnologia aproveite 100% dos insumos sem gerar resíduos, que tem efeitos negativos sobre o bem estar da população e sobre a qualidade dos recursos naturais que vêm esgotando suas reservas de recursos naturais, afetando a harmonia dos ecossistemas e aumentando os gastos públicos com doenças relacionadas à poluição. A excessiva

concentração de poluentes no ar, causa graves problemas para a saúde humana, sendo o principal responsável por doenças respiratórias como bronquite e bronquiolites agudas, gripe e alergias, bronquites crônicas, enfisemas, asma, entre outras. As crianças e os idosos são as principais vítimas (LUSTOSA; CÁNEPA; YOUNG, 2003).

Esta constatação levou ao debate sobre a necessidade da sustentabilidade e desenvolvimento, sendo a primeira comumente definida como a utilização racional dos recursos naturais nos processos industriais, que são finitos, e muitas vezes não renováveis. O uso deve ser racional a fim de que o mesmo recurso possa servir para a produção atual e também para as gerações futuras.

Entre os muitos conceitos de desenvolvimento, destaca-se o desenvolvimento econômico, que pode ser sintetizado. Como, por exemplo, a partir da Revolução Industrial cuja base energética da atividade econômica era a queima de carvão mineral, cumulado com a rápida urbanização das cidades. Devido ao crescimento da produção industrial e o aumento da demanda por bens produzidos para atender o consumo das famílias e o crescimento dos mercados.

Isso principalmente nos anos 50. A partir do Relatório Brundtland (1987), que se caracteriza pela visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados com utilização intensiva dos recursos naturais sem considerar o seu ecossistema e a capacidade de renovação ou não destes, suscita uma incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de consumo e produção adotados por economias desenvolvidas e em desenvolvimento.

Começa a se consolidar o conceito de Desenvolvimento Sustentável, apontado, naquele relatório, como compatibilizar a necessidade de consumo da sociedade atual sem comprometer as necessidades futuras. Nessa discussão estão contidas categorias como Atendimento das Necessidades Básicas (Saúde, Escola, Moradia) e Bem Estar, de difícil síntese e compreensão, principalmente para a sociedade de consumo corrente, que considera os recursos naturais como ilimitados para a expansão da economia (ROMEIRO, 2003).

As Convenções da Biodiversidade, a do Quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas, de Estocolmo sobre poluentes Orgânicos Persistentes entre outras e o protocolo de Quioto que se constitui de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogênicas do aquecimento global, estão entre as diversas ações internacionais promovidas por governos e organizações

multilaterais para o equacionamento e o encaminhamento de soluções para os problemas ambientais globais.

Dentre eles destaca-se a importância da chamada Agenda 21. O documento estabelece a importância de cada país a se comprometer, refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais, estabelecido no contexto da Conferência da Rio 92, ocorrida no Rio de Janeiro, Brasil em 1992. Os critérios estabelecidos tratam da dimensão social e econômica do desenvolvimento sustentável, com a proposição de planejamento participativo com as populações e a análise da situação atual de cada país, estado, município ou localidade, para que se possa projetar o futuro de forma sustentável.

A Agenda prevê o envolvimento de toda a sociedade na discussão dos principais problemas e na formação de parcerias e compromissos. A Agenda 21 trata também de questões estratégicas referentes à geração de emprego e renda, à diminuição das disparidades regionais e interpessoais de renda; às mudanças nos padrões de consumo, à construção de cidades sustentáveis e à adoção de novos modelos e instrumentos de gestão impulsionaram a formação dos pilares da agenda 21 brasileira com diversas ações que guardam simetria em relação a Agenda 21 Geral.

A economia de mercado, que engloba elementos como o avanço tecnológico, a evolução demográfica, os padrões de consumo e de ascensão social, a evolução do poder aquisitivo das diversas camadas sociais e outros. No que diz respeito ao estudo da sustentabilidade, duas vertentes são claramente distinguidas. Na primeira corrente, a chamada economia ambiental, corresponde a uma sustentabilidade fraca, pois considera todos os bens como mercadorias e busca estudar sua produção e seu consumo pelas leis do mercado concorrencial. Levando em conta conceitos econômicos como preferência e aumento da renda dos consumidores, os efeitos, nos preços de mercado, da maior oferta ou da maior escassez de insumos (incluindo-se aqueles não renováveis). E mesmo os impactos da poluição gerada pelos processos produtivos são tratados na lógica dos preceitos da economia de mercado. Isto significa que, para esta vertente, os recursos naturais não representam, à longo prazo, um limite absoluto à expansão da economia. Não são reconhecidas, portanto, as características únicas de certos recursos naturais que, por não serem produzidos (ou renovados, no horizonte de tempo de nossas vidas ou mesmo de algumas gerações), não podem ser substituídos pela ação humana. Se a economia funciona sob esta ótica, o consumo dos recursos naturais pode ser irreversível e a agregação com o capital produzido pode não ter sentido.

Para a segunda corrente, reconhecida como economia ecológica, o sistema econômico é visto como um subsistema de um todo maior que o contém, impondo uma restrição absoluta à sua expansão. Neste todo maior, recurso natural e capital construído são complementares. Ou seja, se o preço de um aumenta a quantidade demandada de seu complementar diminui. Isto é, são inversamente proporcionais na demanda. Assim, para os defensores desta vertente, caberia ao poder público, em conjunto com a sociedade, decidir sobre o uso dos recursos de modo a evitar perdas irreversíveis ou potencialmente catastróficas.

Muitos autores, como (ROMEIRO, LUSTOSA, CÁNEPA, YOUNG, 2003); vêm afirmando que num horizonte mais elástico de tempo, ou seja, a médio e longo prazo, a sustentabilidade do sistema econômico só será possível com a estabilização e / ou até a diminuição dos níveis de consumo per capita da sociedade nos países industrializados. Adequando-se à uma nova realidade de sobrevivência e sustentabilidade, com a otimização dos fatores produtivos, como matérias primas e energia, sem sobrecarga ao meio ambiente e preservando-se os recursos naturais.

### **1.1 Elementos da Composição do Ar**

O ar que respiramos é um dos principais fatores responsáveis pela vida no planeta e sua sustentabilidade. Composto de diversos gases e partículas sólidas diversas. O ar é uma mistura complexa de muitas substâncias com aproximadamente 78% de nitrogênio, 21 % de oxigênio e os 1% restantes incluem pequenas quantidades de substâncias, como dióxido de carbono, metano, hidrogênio, argônio, hélio, incluem-se também vapores orgânicos e material particulado em suspensão (PIRES, 2005); produzidas pelas atividades industriais, pela combustão de motores veiculares, pelas queimadas no campo e outras fontes naturais.

O ar como recurso natural renovável insere-se na categoria de recurso sem limites definidos. Dada a ação dos ventos, o ar avança de uma região para outra carregando os elementos presentes em sua composição. Diversas fontes de poluentes interagem com o Ar vindo a compor sua melhor ou pior qualidade, em função da intensidade de emissão dessas fontes e os compostos emitidos. Razão pela qual se destacam no presente estudo, aqueles que atingem diretamente a saúde da população através de reações provocadas no organismo devido às mudanças físico/químicas da atmosfera.

## 1.2 Principais Poluentes Prejudiciais ao Meio-Ambiente e à Saúde, Presentes no Ar

A saúde da população é influenciada diretamente pela qualidade do Ar que respira, quando os compostos poluentes considerados nocivos a saúde ultrapassam os limites máximos toleráveis admitidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), tabela 1 (introdução). A parcela destes poluentes como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>), material particulado (MP<sub>10</sub> ou MP<sub>2,5</sub>) é diretamente responsável por reações que afetam o sistema respiratório e o sistema cardiovascular, dependendo do tempo de exposição da população àqueles compostos. O que causa enfermidades à população, principalmente a população fixa, isto é, crianças e idosos, que permanecem maior parte do tempo na localidade com pouco deslocamento para fora daquele local, além de serem mais vulneráveis, devido à fragilidade de seus organismos.

Os governos do Brasil e do Estado do Rio de Janeiro também estabelecem padrões e limites de emissões. Inicialmente o Governo Federal publica a Resolução CONAMA N° 3 dispõe sobre os padrões de qualidade do ar (PRONAR). Posteriormente a Resolução CONAMA N° 5 de 15 Junho de 1989, estabelece Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), em seguida estabelece o CONAMA a Resolução N° 8 de 06 de Dezembro de 1990 complementar a RES.N°5 /89 , dispõe sobre os limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição. Posteriormente o CONAMA publica a Resolução N° 008 de 31 de Agosto de 1993 que dispõe sobre limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados. Em complemento a Resolução CONAMA N° 18 / 86 e mais recentemente a Resolução N° 382 de 26 de Dezembro de 2006 que estabelece limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.

O Estado do Rio de Janeiro, através do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, aprova o MN – 050. R- 4 que dispõe sobre a Classificação de atividades poluidoras e a Resolução CONEMA N° 23 de 07 de Maio de 2010 em regulamenta a Resolução CONAMA N° 3 de 28 de Junho de 1990 que dispõe sobre padrões de qualidade do ar (PRONAR), para o Estado do Rio de Janeiro.

**Tabela 1** Níveis Máximos Recomendados pela OMS

Poluentes	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo de amostragem
Dióxido de enxofre $\text{SO}_2$		24 horas
Dióxido de nitrogênio $\text{NO}_2$	200	1 hora
Monóxido de Carbono $\text{CO}$	1000	8 horas
Ozônio $\text{O}_3$	100	8 horas
Material Particulado $\text{MP}_{2,5}$	10	Média aritmética anual
Material Particulado $\text{MP}_{10}$	20	Anual

Fonte : INEA \_ Instituto Estadual do Ambiente (adaptado) - Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2009.

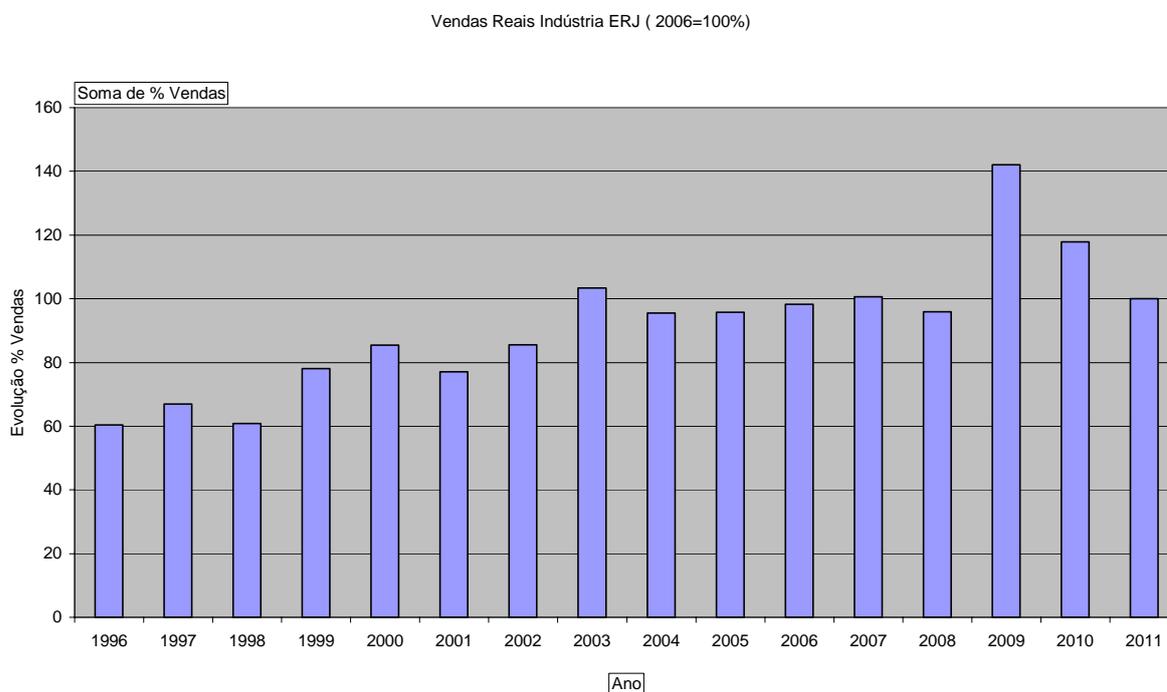
A necessidade de monitorar a qualidade do ar é imprescindível para que se conheça a composição deste e as reações na saúde da população como incrementos de doenças que se manifestam na população afetada pelas condições ambientais precárias presentes.

### 1.3 Fontes de Emissão

A classificação das fontes de emissão de poluentes do ar é dividida entre fontes estacionárias (fixas) e fontes móveis e fontes naturais. A primeira se subdivide em atividades como queimadas (meio rural), lavanderias, padarias, hotéis, hospitais, considerados como atividades do setor terciário (serviços), e atividades do setor industrial, bastante significativas, dado o crescimento industrial do País e do Estado do Rio de Janeiro nos últimos anos, com destaque para a recente implantação da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) do setor siderúrgico. A seguir pode se verificar no gráfico Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), o registro da evolução (%) das Vendas Reais das Indústrias no Estado do Rio de Janeiro do ano de 1996 até 2011 , Ipeadata/Firjan, 2011.

Notório fica a evolução da produção industrial no período abordado, o mesmo não se pode afirmar quanto a qualidade de vida da população no Estado e no Município do Rio de Janeiro, com o declínio da oferta de transporte coletivos, extremamente precários, incentivando a opção por transporte individual motorizado, e a qualidade dos serviços públicos de saúde, deixam muito a desejar tanto pela oferta de vagas como pela qualidade dos serviços oferecidos.

Gráfico 1 Vendas Reais das Indústrias no Estado do Rio de Janeiro 1996 a 2011



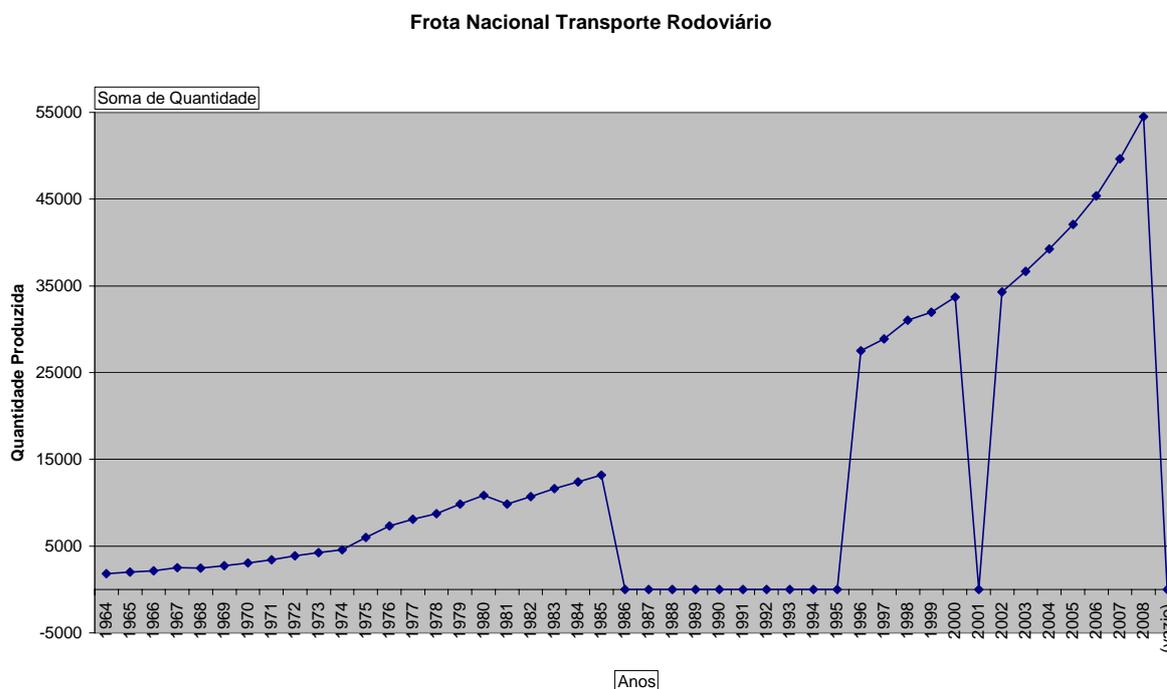
Fonte: Ipeadata/FIRJAN \_ Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro 2011

O Gráfico 1 apresenta a evolução ascendente de vendas da indústria no Estado do Rio de Janeiro desde 1996 até março de 2011. É possível verificar que nos últimos quinze anos quase que duplicou o volume de vendas das indústrias no Estado. Verifica-se que o pico atingido em 2009, se deve as medidas tomadas pelo Governo Federal de incentivo ao consumo, com redução de IPI para diversos setores industriais, de forma a incentivar uma reação da economia brasileira diante da crise internacional que teve início em 2008.

Sendo as indústrias, automobilística, petróleo e siderúrgicas expoentes em valores agregados na produção e respectivas emissões originárias de seus processos produtivos, no Estado do Rio de Janeiro e principalmente no Município, não só o processo, como também, no caso da indústria automobilística, o consumo de seus produtos, automóveis e ônibus, que são abastecidos com gasolina, diesel e etanol, hoje são as principais fontes de emissão de poluentes, contribuindo com 77% dos poluentes emitidos.

A segunda fonte de emissão, portanto, e mais representativa atualmente, é o setor de transporte como um todo, com maior destaque para os veículos automotores em áreas urbanas, conforme demonstra a evolução da frota nacional de veículos automotores ao longo dos anos compreendidos de 1966 a 2009, no Gráfico 2.

Gráfico 2. Evolução do Transporte Rodoviário – Frota Nacional de Veículos automotores



Fonte: Ipeadata/FIRJAN \_ Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

Até o ano de 1960 não havia se instalado no Brasil a indústria automobilística. Apesar de falhas em alguns intervalos de anos, a partir de 1963 com a instalação das primeiras indústrias há uma pequena evolução que se mantém em escala ascendente até 1996. A partir de então, com a vinda de diversas fábricas estrangeiras que se estabelecem no eixo do sudeste, principalmente com destaque para o Estado do Rio de Janeiro, há uma evolução através da série histórica dos registros. A produção de 1999 aos dias atuais quase que dobra, passa dos 3.050.000 (três milhões e cinquenta mil) em 1999 para aproximadamente 6.000.000 (seis milhões) em 2011. Registre-se a ausência de dados para os anos compreendidos entre 1986 e 1995 e 2001, que não aparecem na série histórica do IPEA / FIRJAN. Consta-se a tendência de intensificação da utilização de veículos automotores como opção de transporte nas grandes capitais do País. Seja para o transporte coletivo, empresarial, industrial ou individual, em detrimento da alternativa do setor ferroviário ou fluvial.

Atrelado aos veículos ocorre à diversificação de combustíveis, originariamente o diesel e a gasolina, ambos grandes poluidores, para em seguida ser lançado o etanol, e por último o gás veicular.

As emissões provenientes destas fontes podem alterar a qualidade do ar em razão da concentração de poluentes na atmosfera. Sua aferição irá determinar o grau de exposição dos agentes receptores e, conseqüentemente, definir o nível de qualidade do ar. Sujeito ainda às condições climáticas, sua dispersão na atmosfera, ausência de ventos e topografia local.

## **2 Objetivo**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliação do sistema de monitoramento do ar atualmente em uso no Rio de Janeiro e sua comparação com o sistema de indicadores biológicos proposto, em termos de custos incorridos e desempenho obtido.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

2.2.1 A avaliação dos custos sociais gerados pela incidência de doenças respiratórias;

2.2.2 Os impactos da implantação do novo sistema na identificação de áreas críticas do município;

2.2.3 Formulação de políticas para a redução da incidência de doenças, principalmente, respiratórias. Como também outras enfermidades causadas à população pela poluição atmosférica;

2.2.4 Melhoria da saúde geral e à redução de gastos públicos com saúde no Rio de Janeiro \_ esse conjunto também é objetivo da dissertação.

## **3 Justificativa**

O sistema atual de monitoramento da poluição do ar no Estado do Rio de Janeiro é executado pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA, e no Município do Rio de Janeiro pela Secretária Municipal de Meio Ambiente – SMAC, em áreas consideradas prioritárias por apresentarem episódios críticos em termos de poluição do ar.

Todavia, mesmo com 20 estações manuais, 12 estações automáticas e 2 estações móveis, implantadas pelo Estado e 8 outras estações, implantadas e controladas pelo Município, constata-se que diversos bairros do Município do Rio de Janeiro não são atendidos pelo monitoramento do ar.

O fato torna de um lado o sistema extremamente precário, e, por outro, ao se optar por implantar estações automáticas, o sistema apresenta custo elevado.

Há regiões inteiras do município desprovidas de estações de monitoramento do ar. A situação poderia ser evitada se fosse implantado um laboratório para análise de amostras vegetais, como folhas e/ou cascas de árvores, cuja coleta se daria periodicamente, de semana em semana, quinzenal ou mensalmente. Dependendo das características encontradas em cada bairro.

O custo deste procedimento é inferior ao de implantação de uma estação automática, e seus resultados verossímeis e já é adotado em alguns Municípios do Estado de São Paulo e outros Estados, como na cidade de São Mateus do Sul no Estado do Paraná, (FERREIRA, 2009).

Além de atender em menor espaço de tempo à lei 8723/93, e conjugar a expansão deste atendimento a maior número de bairros, com o custo inferior ao de implantação de estações automáticas. Lei esta que dispõe sobre a redução de emissões de poluentes por veículos automotores, e dá outras providências.

Em seu Art.15 Caput, prevê a obrigatoriedade de órgãos ambientais governamentais, em níveis federal, estadual e municipal, monitorarem a qualidade do ar e fixarem diretrizes e programas para o seu controle especialmente em centros urbanos com população acima de 500.000 (quinhentos mil) habitantes nas áreas periféricas sob influência direta dessas regiões. Demonstra ser fundamental a avaliação do monitoramento do ar para se verificar a conformidade deste com os padrões de qualidade do ar classificados por países europeus e os Estados Unidos, seguindo critérios politicamente parecidos. (PIRES, 2005).

Pontos de concentração de poluição - “Hot Spots” – nem sempre são adequadamente caracterizados pelas redes de monitoramento convencional, fora de seu raio de alcance. Sua identificação é importante na proteção da saúde, estabelecimento de políticas públicas e medidas mitigadoras da poluição, que afetam este segmento da população exposto às concentrações mais elevadas de poluentes e sem cobertura de monitoramento (FERREIRA, 2009).

Estes locais de concentração, também são identificáveis por meio do biomonitoramento. Que é mais acessível e menos dispendioso que métodos instrumentais automatizados. A poluição de grandes áreas pode ser investigada com a coleta e análise de amostras de cascas de árvores,

não havendo limitação de temporada, pois a casca está disponível todo o ano. A coleta é fácil e a técnica de amostragem não prejudica a vitalidade da árvore, uma vez que apenas parte da casca é removida. Além disso, as despesas de pessoal, material de consumo, material permanente, instalações e equipamentos para a coleta das amostras de cascas de árvores são menores e o tempo necessário disponibilizado é curto (FERREIRA, 2009).

O custo preventivo para evitar estas doenças e as medidas necessárias para contê-las ou mitigá-las se contrapõe aos custos da morbidade e mortalidade decorrentes da poluição atmosférica, e aos custos de monitoramento.

Métodos de valoração econômica como o da produtividade marginal, em que se estima a produção sacrificada do trabalhador associada ao dano ambiental e a análise do mercado de bens substitutos, calculada pela estimativa dos recursos econômicos, alocados na mitigação dos problemas causados pela degradação ambiental ou o cálculo da taxa marginal de substituição do método empregado no monitoramento do ar, entre o biomonitoramento e o monitoramento automático, enfatizam a necessidade de apropriação dos custos.

Esses fatores evitam o dano ambiental, a depreciação da renda do trabalhador, o absenteísmo na escola ou trabalho, os custos hospitalares e uso de medicamentos, causados pela necessidade de atendimento às doenças (MOTTA, 1998); contrapõe-se aos custos de plantio de árvores ou canteiros da espécie *Trandescantia Pallida*, a respectiva manutenção, custos de coleta de dados e técnicas de avaliação desses dados.

É significativa a incidência de doenças respiratórias no Município do Rio de Janeiro, além de enfermidades como as cardiovasculares, cancerígenas e outras. A otimização dos esforços e resultados das análises de biomonitoramento suscita a necessidade de um estudo epidemiológico que venha contribuir para mitigar, através de políticas públicas, a incidência destas enfermidades sobre a população.

Diversos são os sintomas que se manifestam na saúde da população em função das emissões de poluentes na atmosfera. A seguir, no Quadro 1, são listados os efeitos respiratórios adversos originados de queima de combustíveis, lançados à atmosfera e prejudiciais a qualidade de vida da população, que sofre os efeitos colaterais das emissões não monitoradas e ainda fora de controle das autoridades para que sejam providenciadas políticas públicas inibidoras à dispersão destes poluentes nos bairros do Município, contribuindo desta forma para que se alcance uma melhora efetiva na qualidade do ar no Município do Rio de Janeiro.

QUADRO 1 Principais Efeitos Respiratórios Adversos Associados aos Poluentes do Ar Originados da Queima de Combustíveis Fósseis

<p>A . Aumento da mortalidade;</p> <p>B . Aumento da incidência de Câncer de pulmão ;</p> <p>C . Aumento da frequência dos sintomas e das crises de asma;</p> <p>D . Aumento da incidência de infecções respiratórias baixas;</p> <p>E . Aumento das exacerbações em indivíduos já portadores de doenças cardiorespiratórias ou outras</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Redução da habilidade de exercer as tarefas diárias (geralmente por piora da dispnéia ou da angina pectoris);</li> <li>2. Aumento das hospitalizações, tanto na frequência como na duração;</li> <li>3. Aumento das visitas médicas e à emergência;</li> <li>4. Aumento do uso de medicamentos;</li> </ol> <p>F . Redução do VEF , ou CVF associada a sintomas clínicos e ao aumento da mortalidade;</p> <p>G . Aumento da prevalência de chiado;</p> <p>H . Aumento da prevalência ou incidência de aperto no peito;</p> <p>I . Aumento da prevalência ou incidência de tosse e hipersecreção pulmonar;</p> <p>J . Aumento da incidência de infecções de vias aéreas superiores piorando a qualidade de vida;</p> <p>K . Irritação nos olhos, garganta e narinas podendo interferir na vida normal.</p> <p>VEF: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: Capacidade vital forçada.</p>
--

Fonte : Jornal Brasileiro de Pneumologia. Vol 32. suppl2. São Paulo, Maio,2006.

A epidemiologia procura avaliar, mediante instrumental metodológico, a força de cada fator. Interessa investigar, diante da atuação de um fator Y, bem específico, conhecido e definido, qual foi o incremento da doença X. (PHILLIP, JUNIOR, *et al.*, 2004).

A necessidade do levantamento das doenças causadas pelos poluentes e o custo, que estas acarretam, são fatores primordiais para uma política de mitigação das emissões e de recursos despendidos com a saúde e o monitoramento do ar. O custo do absenteísmo na escola ou trabalho, o custo do uso de medicamentos, o dispêndio das famílias com tratamentos de enfermidades respiratórias ou cardiovasculares são possíveis de serem estimados a partir do estudo epidemiológico, ao se verificar se os efeitos são agudos ou crônicos, por faixa etária, sexo e condições socioeconômicas (PHILLIP, JUNIOR, *et al.*, 2004).

Atualmente sem o desenvolvimento destes fundamentos de pesquisa, o que se obtém, são estatísticas não específicas à questão, coletadas através dos indicadores do SUS, ou de dados do IBGE. Melhor seria se desenvolver pesquisa voltada para este fim, com recursos apurados destinados a esses objetivos de montagem de um laboratório de biomonitoramento e o desenvolvimento de estudos epidemiológicos.

A utilização de bioindicadores para aferir os efeitos e impactos da poluição na qualidade do ar, devido ao baixo custo para implantação e a possibilidade de estender uma rede mais ampla de coleta de dados, pode ser complementada por outra técnica relevante de biomonitoramento: a técnica da análise foliar. Ela gera dados quali-quantitativos da composição química de vários tipos de amostras oriundas de sistemas biológicos e tem grande importância em sua análise multi-elementar.(MIRANDA, 2008).

Outras características desta técnica são: detectabilidade adequada à amostras biológicas, adaptabilidade à automação, preparação rápida e simplificada das amostras, e o fato de ser não destrutiva, permite assim a armazenagem por longo período de tempo, caso seja necessário rever os resultados através de uma re-análise.

O biomonitoramento oferece uma avaliação de efeitos reais em organismos vivos, tornando interessante o uso deste tipo de monitoramento para os estudos epidemiológicos de impacto, à saúde, relacionados aos poluentes atmosféricos (MIRANDA, 2008).

O levantamento dos custos de implantação de uma estação de monitoramento automática do Ar em comparação com a implantação de uma rede de biomonitoramento, permite avaliar e demonstrar diversos aspectos positivos da comparação como a diferença dos custos entre um método e outro, por exemplo, a qualidade da informação, o universo temporal de coleta de dados, a possibilidade de mitigação de impactos dos poluentes na fonte, seja esta fixa ou móvel, a demanda por manutenção, conservação e calibração dos equipamentos e os respectivos custos.

Os efeitos e impactos dos dispêndios públicos, na rede pública hospitalar, por enfermidades causadas pela poluição do ar bem como o dispêndio da renda do trabalhador gasto para cuidar de enfermidades, são variáveis que serão abordadas adiante que compõe o levantamento do custo da doença. Além desses custos diretos, ainda há se considerar os dias de afastamento do trabalho que geram custos para empresa até o 15º dia de inatividade, cada vez que o trabalhador se afasta para tratamento, motivado por um dos problemas de saúde causados pela poluição atmosférica. Se este afastamento se prolonga, por mais do que 15 dias, a partir de então estes custos são transferidos ao INSS, cabendo lhe parcela maior de encargos e

responsabilidade. Caso a situação se agrave, e se transforme em tratamento contínuo acarretará longo período de inatividade ou incapacidade laboral definitiva.

#### **4 Metodologia**

A Metodologia é de natureza descritiva e explicativa;

Centra-se na pesquisa de fontes bibliográficas;

Está subdividida em:

- a – Levantamento do Estado da Arte, Poluição, monitoramento e impactos na saúde, restringindo-se à observação dos padrões e indicadores de qualidade do ar em relação às concentrações de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> e MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>;
- b – Diagnóstico da região;
- c – Levantamento das técnicas de medida disponíveis;
- d – Estudo de caso, e;
- e – Conclusões, prescrições e sugestões.

O trabalho prioriza a comparação da técnica de monitoramento do ar entre a automatização de estações e o biomonitoramento. Segundo Ferreira (2009) é por meio da rede de monitoramento que se pode verificar a evolução das concentrações dos poluentes atmosféricos e aferir a eficácia dos processos de controle de emissões. Áreas carentes de recursos técnicos e financeiros ficam muitas vezes frente a situações de contaminação que se tornam problemáticas. Procura também avaliar os reflexos e impactos na saúde, dentre os quais se destacam de plano, os sistemas respiratório e cardiovascular, sistemas estes mais afetados pelos agentes nocivos à saúde, são estes: (PM<sub>2,5</sub>) materiais particulados inaláveis, (O<sub>3</sub>)Ozônio, (NO<sub>2</sub>)Dióxido de Nitrogênio, (SO<sub>2</sub>)Dióxido de Enxofre, (CO) Monóxido de Carbono (MIRANDA, 2008).

##### **4.1 Premissas**

- 1) É relevante o volume e a nocividade à saúde da poluição do ar no Município do Rio de Janeiro;
- 2) O sistema de monitoramento atual é caro e não está implantado em todas as regiões do Município do rio de Janeiro.

##### **4.2 Hipóteses**

- 1) A implantação do sistema de biomonitoramento da poluição do ar e sua operação é mais barata e tem eficácia, em comparação com o sistema de monitoramento automático ou as estações manuais, em uso atualmente no Rio de Janeiro;
- 2) A economia de custos resultante da implantação do novo sistema permitirá a identificação das áreas mais críticas e, assim, o uso mais racional dos recursos públicos para a mitigação da geração de poluição e seus efeitos, gerando benefício social relevante.

### 4.3 Etapas

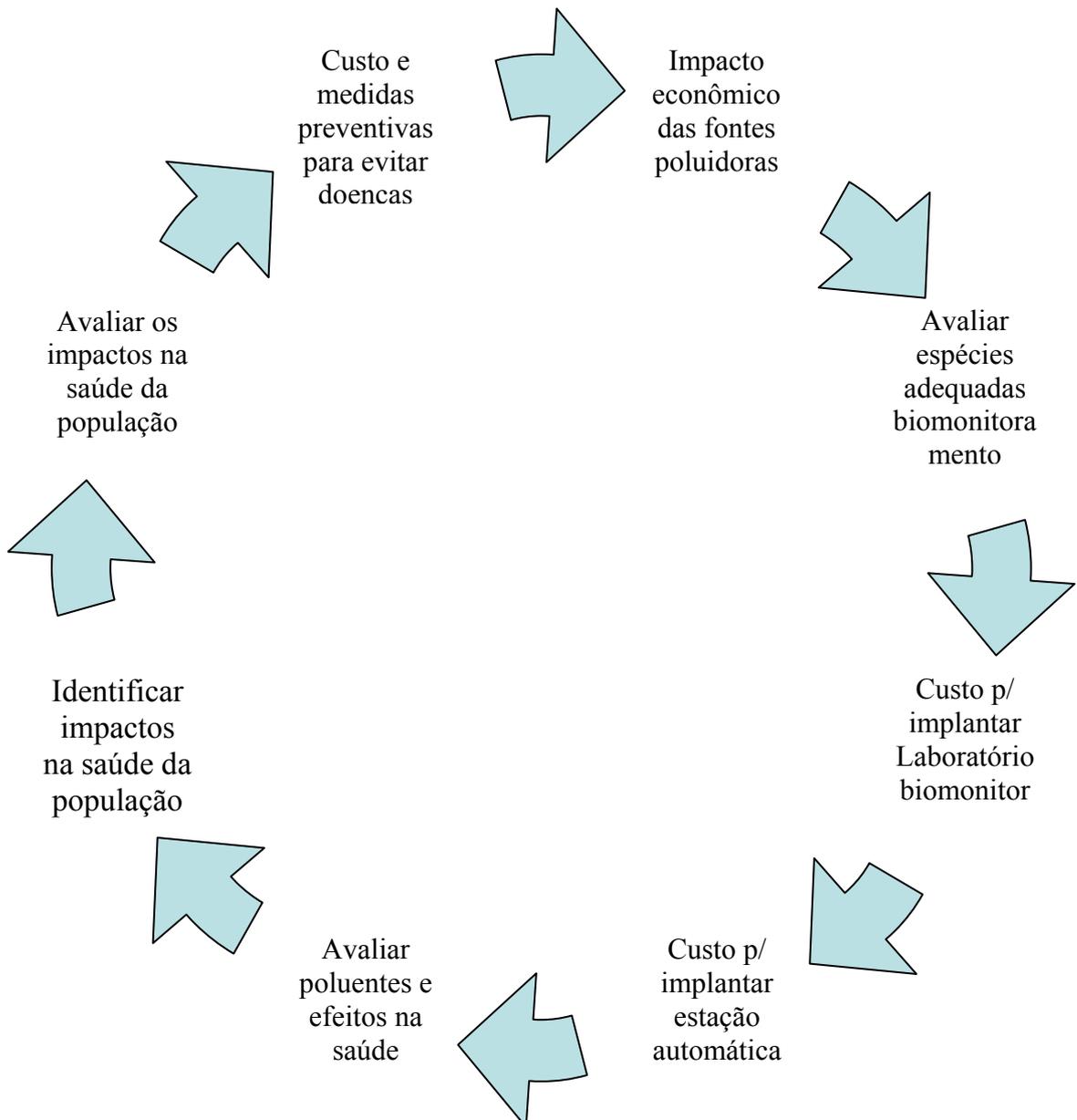
A pesquisa seguiu os seguintes passos:

- Avaliação do impacto econômico das fontes poluidoras predominantes na economia local;
- Avaliação das espécies mais adequadas ao biomonitoramento que apresentem reações biológicas e bioquímicas, usadas para identificar e ou caracterizar mudanças ocorridas na qualidade do ar;
- Avaliação do custo de implantação de uma estação de biomonitoramento do ar, o prazo de obtenção de uma série histórica e a respectiva confiabilidade;
- Avaliação do custo de implantação de uma estação automática de monitoramento do ar, o prazo de obtenção de uma série histórica e a respectiva confiabilidade;
- Avaliação dos principais poluentes sobre os sintomas apresentados na saúde da população local;
- Identificação dos impactos na saúde da população na região analisada;
- Estimativa do custo preventivo para evitar estas doenças e das medidas necessárias para contê-las ou mitigá-las;
- Análise do custo da morbidade e mortalidade decorrentes da poluição atmosférica;
- Avaliação do impacto na renda das pessoas afetadas por doenças causadas pela degradação ambiental;
- Elaboração de inventário das fontes dos principais poluentes,  $MP_{2,5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  e  $CO$  presentes no ar e a correlação destes elementos com dados da saúde da população local.

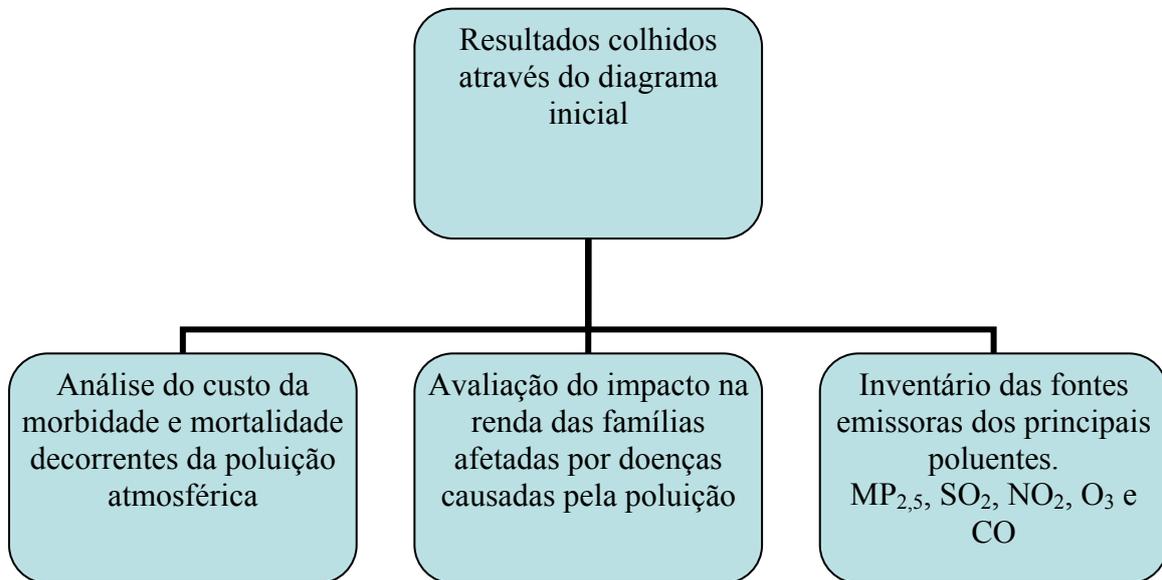
#### 4.4 Diagrama Esquemático das Etapas

A apresentação do diagrama se divide em duas. Diagrama inicial no qual se identificam as etapas de construção e preparação de necessidades básicas para se definir a opção pela implantação de um laboratório de biomonitoramento comparável com a implantação de estações automáticas de monitoramento. Um segundo diagrama aborda o custo da morbidade e mortalidade provocadas pela poluição atmosférica, efeitos na renda das pessoas afetadas e o inventário das fontes dos principais poluentes.

##### 4.4.1 Diagrama Inicial:



#### 4.4.2 Diagrama Final:



## 5 Poluição do ar no Município do Rio de Janeiro

### 5.1 Principais Fontes/Tipologia

#### 5.1.1 A Poluição Industrial

A atividade econômica industrial é de grande importância para o sistema econômico. Ela permite atender à crescente demanda da população por bens e produtos capazes de satisfazer as necessidades de consumo das populações. O processo de desenvolvimento econômico e industrial, adotado pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento, vem produzindo bens materiais em escala crescente.

Desde a Revolução Industrial, no entanto, este aumento da produção face à demanda crescente, tem como resultado o maior uso de recursos naturais, levando à aceleração do processo de esgotamento das reservas de recursos naturais e também a um incremento na escala dos resíduos produzidos.

Por outro lado, há, hoje, diversas pressões e iniciativas no setor produtivo, no sistema político e na sociedade em geral, para que o desenvolvimento tecnológico considere, em sua matriz produtiva, a importância de garantir-se a questão do meio ambiente limpo em conjugação

com a otimização dos recursos naturais renováveis (biodiesel, energia solar, eólica, etc.). Empregados em substituição às fontes de energia não renováveis (petróleo, carvão, diesel), gerando, assim, conseqüentemente menor agressão ao meio ambiente.

Há necessidade de definirem-se quais as áreas mais sensíveis à poluição e seus efeitos na comunidade, a identificação das fontes fixas e móveis, bem como sua qualificação e quantificação. Cabe ao Estado assumir sua posição de mediador dos interesses comuns e a defesa do bem público, atenuando as possíveis falhas de mercado com a alocação eficiente de recursos orçamentários que protejam o meio ambiente e contribuam para a melhoria da saúde da população. Bem como estímulo à adoção de tecnologias limpas e eficientes, visando contribuir para um meio ambiente auto-sustentável.

O conceito de estilo de desenvolvimento faz referência às noções de modo de vida, padrão de consumo, escolha tecnológica. Um estilo de desenvolvimento se traduzirá pela escolha de estratégias globais de desenvolvimento, assim como de políticas de curto, médio e longo prazos, apropriadas aos diversos setores da vida econômica e social (COHEN, 2003).

Países em desenvolvimento têm maior dificuldade de renovação do parque industrial, em razão da carência de recursos para investimentos em tecnologias limpas. Isso torna necessários a utilização de mecanismos inibidores e reparadores das agressões provocadas na sociedade voltados à maior proteção da população com medidas mitigadoras e de aplicação imediata a baixo custo econômico, mas de elevada eficiência social no que diz respeito à saúde e ao monitoramento da poluição.

São medidas que, se propõem em manter a sociedade informada sobre a qualidade ambiental, em conjunto com decisões políticas, que priorizem a saúde da população e permitem a auto-avaliação das concentrações de poluentes, a fim de discutir os padrões desejáveis de emissões e a capacidade de sustentabilidade da comunidade, para, então, definir os padrões de qualidade aceitáveis.

O Estado do Rio de Janeiro através do INEA acompanha e monitora as emissões geradas pelas indústrias estabelecidas em seu território, por tipo de indústria e os respectivos parâmetros oriundos de seu processo de produção, conforme demonstrado na Tabela 2 a seguir. A Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro \_ PMRJ, também, através de suas estações de monitoramento afere estes mesmos poluentes em seus registros. Havendo inclusive uma superposição de bairros monitorados entre o Estado e a PMRJ. As estações que encontram-se em situação de superposição de bairros poderiam ser realocados por um ou outro ente federativo, de forma a estender o monitoramento à outros bairros.

**Tabela 2** Taxa de Emissão por Tipologia Industrial

Tipo de Taxa de Emissão ( $\times 1000$ ton/ano)	Poluentes				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	MP <sub>10</sub>
Química	0.87	0.98	0.29	2.19	0.50
Petroquímica	28.16	11.49	2.11	23.19	2.12
Metalúrgica	0.29	0.60	0.18	0.03	0.64
Asfalto	0.22	0.19	0.61	0.18	0.12
Diversos	0.13	0.17	0.02	0.01	0.02
Cerâmica	2.66	0.60	2.14	0.03	1.27
Lavanderia	0.15	0.07	0.01	0.00	0.01
Têxtil	0.42	0.17	0.08	0.01	0.04
Alimentícia	1.32	0.78	0.25	0.04	0.17
Farmacêutica	0.34	0.24	0.09	0.01	0.06
Cimenteira	0.18	0.18	0.09	0.01	0.07
Papel	0.29	0.10	0.01	0.00	0.02
Fumo	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Vidro	0.34	0.67	0.04	0.02	0.13
Naval	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
Geração	20.37	14.02	0.47	0.12	5.40
<b>Total Geral</b>	<b>55.76</b>	<b>30.27</b>	<b>6.38</b>	<b>25.85</b>	<b>10.58</b>

MP<sub>10</sub> – Material Particulado InalávelNO<sub>x</sub> – Óxidos de Nitrogênio

HC- Hidrocarbonetos

SO<sub>2</sub> – Dióxido de Enxofre

CO- Monóxido de Carbono

Fonte – Inea- Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2009

É interessante observar que muitos dirigentes industriais que, inicialmente, viam, a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), como obstáculo, pois iria, reduzir os lucros e obrigá-los a repassar aos preços a elevação dos custos. No entanto, hoje, passaram a aderir à implantação de SGA, como consequência de tecnologias de processo e de produtos que se encontram disponíveis, e os custos foram reduzidos. Há melhor racionalização dos processos produtivos, seja no uso de insumos seja na diminuição do desperdício. Verifica-se que há uma significativa disseminação da necessidade de implantação de SGA, baseado no gerenciamento da qualidade total, conhecido como ecoeficiência. (DA VINHA, 2003).

Como ilustração, citamos o exemplo de um sistema estatístico dinâmico desenvolvido e aplicado em 92 cantões da China, que demonstrou que o impacto das emissões torna-se menos importante com o passar dos tempos. Este efeito dinâmico provém principalmente do progresso das tecnologias de controle da poluição, que reduzem o custo ambiental – de emissão de SO<sub>2</sub> - por unidade de produto da economia, fazendo com que o efeito negativo gerado pelo aumento de emissões sobre a saúde, numa fase inicial do desenvolvimento, possa

ser compensado, a médio ou a longo prazo, pelo efeito positivo proveniente do crescimento econômico ( Jie, HE 2003 ).

O Estado do Rio de Janeiro e o Município adotaram como política pública de meio ambiente controlar as emissões e não deixar que como na China, por exemplo, as emissões se avolumassem e saíssem do controle das autoridades responsáveis com isso se conseguiu reduzir as emissões industriais a níveis aceitáveis, apesar da manutenção da expansão industrial em seu território.

O número de estabelecimentos industriais no Município do Rio de Janeiro informado pela Fundação CEPERJ – Fundação Centro Estadual de Estatísticas Pesquisas e Formação dos Servidores Públicos do Rio de Janeiro, para o exercício de 2010, por classes do gênero Extrativas Mineral, Construção Civil e Transformação, que compreende as indústrias de produtos minerais não metálicos, químicos, farmacêuticos, têxtil, totaliza 10.323 unidades, sendo a grande maioria indústrias de pequeno e médio porte, e que possuem um potencial poluidor considerável.

A atividade industrial conta com as classes discriminadas conforme tabela 3, sendo a indústria de transformação a classe que exibe maior potencial poluidor em termos de emissões atmosféricas, de efluentes líquidos e de resíduos sólidos.

**Tabela 3** Estabelecimentos Industriais por Classes

<b>Tipologia Industrial</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Extrativa</b>	101	93	94	86	87	90	106	128	138	131	152
<b>Transformação</b>	6647	6405	6325	6061	6005	5999	6638	6565	6595	6655	6671
<b>Construção Civil</b>	3133	3177	3156	2919	2866	2646	2745	2877	3026	3191	3500
<b>Total anual</b>	9881	9675	9575	9066	8958	8735	9489	9570	9759	9977	10323

Fonte: Fundação CEPERJ – 2011

Na tabela 2 estão assinaladas as principais fontes de emissão atmosférica por tipologias industriais, difere da tabela 3, pois esta elenca as principais tipologias que contribuem para emissões atmosféricas, o quantitativo de indústrias mensuradas para cada uma destas tipologias, a evolução ascendente ao longo dos últimos 10 anos conforme demonstrado anteriormente através do gráfico nº 1 das vendas industriais no Rio de Janeiro. Já na tabela 4 são informações que especificam não só os setores produtivos que mais contribuem para a poluição atmosférica como também relaciona as empresas de cada setor que assim o fazem.

**Tabela 4** Principais Fontes de Emissões Industriais da RMRJ. 2002

Setor Industrial	Empresas
Química	Petrobras-Gerência Industrial, Nitriflex, Paraibuna, FCC, Merck, Pan-americana, Bayer
Petroquímica	Reduc, Manguinhos, Petroflex, Ecolub, Polibrasil
Farmacêutica	Glaxo-Smithkline, Sanofi Winthrot, Procosa
Asfalto	Delta Construções, Reol Construtora, Metropolitana, Sanebrás Engenharia, Mirak
Metalúrgica	Gerdau, Vale-Sul
Papel	Klabin, Cibrapel
Fundição	Casa da Moeda , Forjas Rio, Sarcor
Alimentícia	Ambev, Kaiser, Nestlé
Têxtil	Bergitex, Marialva Têxtil
Cerâmica	Nossa Senhora da Conceição, Três Mangueiras, Santa Izabel
Naval	Eisa, Enavi, Renave
Geração de Energia	Termoelétrica de Santa Cruz
Cia Siderúrgica do Atlântico	Siderurgia *

Fonte Feema – Dílson Ojeda Pires – 2005

\*atualização com a implantação recente da CSA no Estado do Rio de Janeiro.

O impacto de curto prazo provocado pela deterioração da qualidade do ar causadora de mortalidade, e, particularmente, a mortalidade por causas respiratórias, após medições regulares, demonstra que não é só a poluição originária de emissões industriais (fontes fixas), mas, também, a poluição veicular causada pelo transporte de bens e pessoas conhecida como poluição por fontes móveis, presente na Região Metropolitana, que determinam a poluição atmosférica. Em destaque, as emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio (FEEMA, 2009).

A atividade industrial conta com as classes discriminadas conforme tabela 4, sendo a indústria de transformação a classe que exhibe maior potencial poluidor em termos de emissões atmosféricas de efluentes líquidos e de resíduos sólidos.

### 5.1.2 A Poluição Veicular

O processo de urbanização crescente com o crescimento das demandas de consumo das camadas de classes médias e a utilização, em escala crescente, de veículos automotores, no Brasil, somada à consagração do uso dos automóveis, caminhões e ônibus como principais alternativas de transporte é, ao mesmo tempo, uma consequência do padrão de desenvolvimento predominante no capitalismo contemporâneo e uma das causas deste processo.

A emissão de gases a partir dos motores de combustão veiculares tornou-se uma das principais fontes de poluição da atmosfera. Informações obtidas por meio de inventário apontam que no universo de fontes consideradas, as fontes móveis são responsáveis por 77% do total de poluentes emitidos para a atmosfera e as fontes fixas, 23% (INEA, 2009), sendo os hidrocarbonetos e monóxido de carbono, os que têm maior presença e contribuição das fontes móveis, representando 67% e 98%, respectivamente. Também para os óxidos de nitrogênio, contidos nas emissões de fontes móveis, são responsáveis por 66% da composição, apesar de ser considerável a parcela de contribuição das fontes fixas.

Ônibus e Veículos de carga são fontes de emissões preocupantes de material particulado (fumaça preta), por sua elevada concentração em localidades tipicamente residenciais e comerciais de baixa ventilação. Uma contribuição indireta e não estimada, já detectada por métodos avançados de medição, constitui-se da poeira suspensa das vias de tráfego. Mesmo quando pavimentadas, há conversão de gases em partículas (FEEMA, 2001). Em contrapartida, o ser humano passa a conviver com a degradação ambiental em seu entorno, como a poluição atmosférica e suas influências na saúde da sociedade.

Estudos epidemiológicos, que se caracterizam pela identificação dos poluentes e suas influências nas doenças registradas em áreas com alto grau de poluição do ar, diagnosticam o padrão de qualidade do ar. Isso possibilita o aumento na proteção à saúde de forma preventiva, para salvar vidas, com a diminuição de internações hospitalares, de visitas às emergências de postos de saúde e clínicas, redução do risco de ataques de asma, câncer e outros efeitos à saúde (PHILLIP, JUNIOR, *et al.*, 2004).

A comparação para as duas categorias de fonte, demonstra que cerca de 98% do monóxido de carbono é proveniente das vias de tráfego, enquanto que o dióxido de enxofre, em sua maioria, 88%, é emitido, basicamente, por atividades industriais.

### 5.3 Inventário das Principais Fontes de Emissões Atmosféricas

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro encontra-se a segunda maior concentração de fontes poluidoras do país, sendo os veículos automotores e as indústrias as principais fontes de emissão atmosférica.

#### 5.3.1 Definição

O termo Inventário de Emissões Atmosféricas é utilizado para demarcar uma área específica em determinado período de tempo, visando aferir emissões provocadas por fontes que demandam a necessidade de identificação e determinação da quantidade e composição dos poluentes lançados na atmosfera. Para isso, se divide fontes de poluição em duas vertentes: Fontes Fixas e Fontes Móveis.

A utilização de estimativas de emissões atmosféricas é uma das metodologias alternativas utilizadas para o conhecimento dos problemas de poluição do ar, pois viabiliza o desenvolvimento de estudos para projeção e precisão dos efeitos dos poluentes emitidos em termos absolutos e relativos. Permite também a interpretação dos resultados de concentração obtidos pela rede de monitoramento. Por conhecer a importância dessa ferramenta dentro do contexto da gestão da poluição atmosférica, o Órgão Estadual e a PMRJ responsáveis pela atuação ambiental no Município, vêm ao longo dos anos tomando iniciativas para viabilizar e implementar um sistema de estimativa de emissões (PIRES, 2005).

O Órgão ambiental do Estado definiu a área de abrangência para realização de inventário (RMRJ); sugeriu a metodologia a ser seguida; os tipos de fontes a serem abordados, dando prioridade às indústrias de grande e médio potencial poluidor e, estabeleceu o ano base de 2001 como referência para realizar o trabalho. E considerou os poluentes contemplados pela legislação ambiental: material particulado, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, monóxido de carbono, e os que apresentam importância no estudo da poluição atmosférica: hidrocarbonetos (metano e não metano).

Na definição das fontes e tipos de fontes a serem abordados, a FEEMA considerou a possibilidade de se obter o mapeamento de 90% do potencial poluidor por fontes fixas na área estudada, sendo esse potencial de aproximadamente 500 atividades industriais (PIRES, 2005).

### **5.3.2** As Fontes, Industrial e Veicular, de Poluição do Ar no Município do Rio de Janeiro

O processo de desenvolvimento industrial adotado pelo Estado do Rio de Janeiro, nas últimas décadas, tem como ponta a atividade econômica de prospecção, produção e refino de petróleo. Principal item na pauta de produtos da Economia Fluminense, dada a grande reserva que possui o Estado, a maior do País, com 80% da produção nacional, o petróleo é matéria prima para o processo produtivo de diversas outras indústrias. Além de atender a necessidade de geração de energia e fornecer, por meio de seus derivados, combustível para a frota de veículos que transita pela malha rodoviária urbana e rural do Estado. Também caracteriza a produção industrial do Estado, a presença dos setores, petroquímico, metal-mecânico, siderúrgico, químico-farmacêutico e de serviços. Concentra-se no Município do Rio de Janeiro uma parcela de destaque do PIB estadual, devido à produção de petróleo (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, FIRJAN, 2011).

Deve ser considerado, ainda, o fato de que o Município do Rio de Janeiro é dentre os Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a região que contém a maior concentração urbana industrial.

A cidade do Rio de Janeiro vem recebendo inúmeros investimentos e modificações no seu traçado urbano e nos bairros, função direta do desenvolvimento econômico e seus reflexos sobre a sociedade, cuja desorganização social agravada com a deficiência dos transportes coletivos se modifica em ritmo mais acelerado do que o planejamento e a legislação prevê, gerando verdadeira anomia no tecido social.

Apesar das conseqüências ambientais originárias do padrão industrial e de consumo energético apresentado no Estado do Rio de Janeiro, é pouco provável que essa matriz perca relevância. Ao contrário, esta, cada vez mais, se apresenta como fator preponderante para o parque industrial fluminense. Além das iniciativas das empresas, cabe ao poder público adotar medidas e buscar soluções que garantam a qualidade de vida de sua população e combatam os efeitos negativos causados por efluentes líquidos e gasosos decorrentes da matriz industrial adotada.

Contribuem para a poluição do ar, na região do Município do Rio de Janeiro as suas características físicas: como a acidentada topografia; a presença do mar e da Baía de Guanabara, que produzem um fluxo de ar complexo e heterogêneo quanto à distribuição e dispersão dos poluentes. Outro fator é o clima tropical, que favorece os processos

fotoquímicos e outras reações na atmosfera, gerando poluentes secundários. Além destes fatores físicos alia-se a sua heterogênea e intensa ocupação do solo.

A concentração de todas estas condicionantes em determinada área do Município acarreta em diversas manifestações na saúde da população, e, dependendo da localização e do nível de renda das famílias, vê-se agravado o problema da saúde com o surgimento de doenças das vias respiratórias, cardiovasculares, cutâneas, oftalmológicas e cancerígenas. Acarreta ainda a elevação dos custos ao sistema de saúde e às famílias.

A incorporação de diversas exigências legais nas empresas de forma a adequar os padrões de produção às normas internacionais, referentes às ISO 9000 (Sistema de Gestão da Qualidade, Fundamentos), ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade, Requisitos), ISO 14001 (Sistema de Gestão), ISO 17000 (Avaliação de Conformidade) e outras, vem alterando o padrão de desenvolvimento tecnológico, possibilitando a diminuição de rejeitos e a otimização dos recursos naturais empregados, gerando, conseqüentemente, menor agressão ao meio ambiente. Com isso, o setor industrial deixou de ser considerado o que mais polui o ar, cedendo lugar às fontes móveis. A utilização de tecnologias ultrapassadas, fora dos padrões de adequação às normas de qualidade, deve ser desestimulada pela troca de tecnologias limpas e mais eficientes, visando contribuir para um meio ambiente auto-sustentável.

Dentre as medidas mitigadoras, destacam-se:

- A substituição de processos de produção e serviços, que priorizem a utilização de recursos energéticos renováveis ;
- Substituição de plantas industriais antigas por outras com tecnologia limpa;
- Instalação de filtros anti poluentes em unidades de transporte;
- A implantação de bioindicadores, em conjunto com decisões políticas que tenham por objetivo a saúde da população e a proteção ao bem maior da sociedade \_ a vida; o que acarretará em melhor qualidade de vida e utilização mais racional de recursos naturais não-renováveis, e a intensificação da utilização de recursos naturais renováveis.

#### **5.4 Os Efeitos Externos da Poluição**

Na maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, há um aumento progressivo da utilização de recursos naturais energéticos não-renováveis como carvão, óleo diesel, etanol e derivados do petróleo (combustíveis fósseis). O uso intensivo destes combustíveis implica em

incremento no volume de produção de rejeitos líquidos, sólidos e gasosos, na maioria dos casos sobrecarregando a capacidade de absorção do ecossistema terrestre.

A atmosfera exerce um papel fundamental na manutenção da vida na terra pela retenção de calor, havendo, portanto um efeito estufa natural por esta camada de gases. Este efeito natural contribui para manter a temperatura média do planeta em torno dos 15° C, possibilitando a existência de vida. O efeito estufa é um fenômeno onde a radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre é retida por alguns gases presentes na atmosfera. Os principais gases causadores deste efeito são: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> e CFC's (IPCC, 2001).

O aumento da concentração destes gases na atmosfera, em função dos processos de queima de combustíveis fósseis e do desflorestamento, causa uma maior retenção das radiações infravermelhas, levando a um incremento na temperatura do planeta (PIRES, 2005 apud RIBEIRO *et al.*, 2000).

As principais conseqüências do aumento do efeito estufa são:

- Elevação do nível do mar;
- Alteração no suprimento de água doce;
- Mudanças climáticas;
- Alteração no processo de desertificação;
- Redução da Camada de Ozônio.

Tal como o efeito estufa a camada de ozônio é um fenômeno natural, constituindo-se de um filtro que protege o planeta das excessivas radiações ultravioletas do sol.

Algumas substâncias como os clorofluorcarbonos (CFC's) são capazes de liberar o elemento químico cloro que reage irreversivelmente com o ozônio estratosférico contribuindo para sua eliminação.

A diminuição da camada de ozônio acaba por permitir a passagem das radiações ultravioletas indesejáveis podendo causar na saúde humana aumento da incidência de câncer de pele, doenças oftalmológicas como catarata, além de causar efeitos nocivos aos ecossistemas, fauna e a flora (PIRES, 2005).

## 5.5 A Medição da Poluição do Ar no Município do Rio de Janeiro

Como decorrência importante, a conseqüência do aumento do efeito estufa implica em externalidades negativas, que resultam em danos não internalizados nas funções de produção e consumo dos usuários de recursos naturais energéticos não renováveis.

Desta feita, a economia perde eficiência, pois o custo privado não coincidirá com o custo social, já que a não internalização dos seus custos induz um nível de utilização acima daquele que ocorreria, caso as externalidades fossem consideradas. Na presença de externalidades, o custo social incorpora os danos ambientais. Isto é: o custo social inclui os gastos com os impactos sobre a saúde da população; as enfermidades causadas sejam essas respiratórias, cardiovasculares, cancerígenas ou outras, o atendimento médico provido pelo Estado e pelo próprio cidadão para preservação e recuperação da saúde; o absenteísmo na escola e no trabalho, e respectivos ônus de indenização causado pela enfermidade provocada por externalidades que geram esse incremento no custo social (MOTTA, 2009). O que pode ser mitigado através de uma política de gerenciamento e controle a utilizar elementos obtidos através do biomonitoramento. A implantação de um laboratório de biomonitoramento permite a expansão de pontos de coleta de dados sobre toda a extensão do Município em complemento aos pontos já existentes, função da dimensão e estrutura que se pretenda prover.

Todavia, para corrigir essa falha, é necessário intervir para que a disposição a pagar por esses serviços ambientais possa se expressar à medida que sua escassez aumenta (ROMEIRO, 2003).

Para controlar, aferir e mitigar estes lançamentos o Município necessita da alocação de recursos, cada vez mais volumosos, em razão do sistema de monitoramento adotado, com estações automáticas, que têm a vantagem de apresentar resultados imediatos da qualidade do ar local. Em contrapartida, há um alto custo de implantação dessas estações, causando um desconforto orçamentário à decisão governamental face às demandas sociais já existentes, o que provoca a ausência de sistema de monitoramento em alguns, mas não todos os bairros do Município do Rio de Janeiro. Ainda que, levando em consideração as informações obtidas nos bairros de maior concentração de emissões, a situação de localidades que também apresentam sintomas de degradação na qualidade de vida da sociedade fuja ao controle, quando é elevado o grau de poluição que atinge aquela comunidade.

Diversos registros de doenças, principalmente respiratórias e cardiovasculares, se manifestam em comunidades não alcançadas pela rede tradicional de monitoramento do ar, devido provavelmente ao elevado custo de uma estação automática. O que pode ser suprido por um laboratório de Biomonitoramento, com escalas de coleta de amostras proporcionais a sua capacidade de instalação e processamento.

Em relação ao monitoramento do ar, como conciliação entre a mitigação das emissões e a saúde da população, apresenta-se como alternativa o plantio de espécies arbóreas que, além de absorver os gases emitidos, fornecem registros do grau de poluição na atmosfera em seu

entorno. As árvores dessas espécies, Oitis, Pinus, Cedro, Pau Brasil (ABHO, 2008) equilibram as adversidades climáticas, ajudam na contenção de encostas, na absorção das águas da chuva, projetam sombras durante o verão intenso que assola o Estado e, principalmente, no Município do Rio de Janeiro.

## **5.6 Efeitos da Poluição no Custo da Saúde da População**

A poluição é resultado da concentração e quantidade de resíduos presentes no ar, na água e no solo. Há uma grande convergência, entre um número crescente de autores como, (Ortiz. Ramon Arigoni 2003; Cohen. Claude 2003; Jie,HE 2003; L. Filleul 2001; A. Zeghnoun 2001; C. Declercq 2001), apontando que do equilíbrio entre saúde da população, utilização de recursos naturais e poluição dependerá o nível de qualidade de vida do planeta.

Estudos de séries temporais correlacionando o nível de poluição atmosférica e mortalidade, principalmente por causas respiratórias levadas a efeito em Paris, demonstraram a necessidade de observação de três a quatro anos, indispensáveis, para se constituir de fato um modelo com séries que contenham credibilidade em seus resultados, como demonstrado no estudo realizado por autores como, (L.FILLEUL, et al ., 2001.)

A partir deste argumento, que é necessário desenvolver séries temporais por no mínimo três anos para se obter confiabilidade no modelo, decorre a demanda por iniciativas que possibilitem adequação do contexto social aos mecanismos de aparelhamento urbano do Estado. A necessidade de instalações de equipamentos para conhecer a qualidade do ar nos bairros do Município ou se torna muito onerosa no curto prazo ou se prolongam em anos e anos quando a opção é por estações automáticas, como a iniciativa mais recente da PMRJ. A alternativa apresentada é a instalação de um laboratório de biomonitoramento que permite a análise de amostras coletadas semanalmente em diversos bairros no curto prazo e a um custo bem inferior. Dessa forma é possível se obter séries temporais de longo prazo para cada bairro do Município do Rio de Janeiro conciliando a questão tempo com recursos.

Caso se opte por outro tipo de monitoramento, o conhecimento da qualidade do ar nos bairros do Município não se atenderá a necessidade do monitoramento total do Município ainda que se leve em consideração informações obtidas nos bairros de maior concentração de emissões.

A possibilidade, concreta, de estender o monitoramento do ar a outros bairros, dentre os 158 (Fonte: Secretaria Municipal de Saúde e Defesa Civil \_ SMSDC) existentes, dos quais apenas 16 são monitorados pelo órgão do Governo do Estado e 8 são monitorados pela PMRJ,

através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente \_ SMAC, representam apenas 15% da totalidade.

QUADRO 2 Efeitos dos Poluentes à Saúde

Poluente	Efeitos à Saúde Relacionados	Outros Possíveis Efeitos	Principais Fontes
Material Particulado	Aumenta mortalidade geral, pode adsorver e carrear poluentes tóxicos para as partes profundas do aparelho respiratório e, na presença de SO <sub>2</sub> , aumenta a incidência e a severidade de doenças respiratórias.	Reduz a visibilidade, suja materiais e construções	Processos industriais, veículos automotores, poeiras naturais, vulcões, incêndios florestais, queimadas, queima de carvão, etc.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Agrava sintomas de doenças cardíacas e pulmonares, broncostritor especialmente em combinação com outros poluentes, aumenta a incidência de doenças respiratórias agudas.	Tóxico para as plantas, estraga pinturas, erosão De estátuas e monumentos, Corroi metais, danifica tecidos, diminui a visibilidade, forma chuva Ácida	Queima de combustíveis em: fontes fixas, veículos automotores, fundições, refinarias de petróleo, etc.
Monóxido de Carbono (CO)	Interfere no transporte de oxigênio pelo sangue, diminui reflexos, afeta a discriminação temporal, exposição a longo prazo é suspeita de agravar arteriosclerose e doenças vasculares.	Desconhecidos	Veículos automotores
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Altas concentrações podem ser fatais, em concentrações baixas pode aumentar a suscetibilidade a infecções, pode irritar os pulmões, causar bronquite e pneumonia.	Tóxico para as plantas, causa redução no crescimento e na fertilidade das sementes quando presente em altas concentrações, causa coloração marrom na atmosfera, precursor da chuva ácida, participa do smog fotoquímico formando O <sub>3</sub> .	Veículos automotores e queima de combustíveis em fontes estacionárias, termelétricas.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Irrita as mucosas do sistema respiratório causando tosse e prejuízo à função pulmonar, reduz a resistência a gripes e outras doenças como a pneumonia, pode agravar doenças do coração, asma, bronquites e enfisema.	Danifica materiais como a borracha e pintura, causa danos à agricultura e à vegetação em geral.	Formado na atmosfera por termelétricas. reações fotoquímicas pela presença de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos ou outros compostos orgânicos voláteis.

Fonte : PIRES, 2005 apud CAVALCANTI (2003)

Tanto as fontes estacionárias como as fontes móveis têm como característica predominante a utilização de derivados do petróleo como fonte energética, e por consequência a emissão de poluentes seja pelo processo de combustão, processo industrial, queima de resíduos, ou pela emissão de veículos a gasolina, diesel ou álcool ou etanol. Alguns poluentes estão sempre presentes na atmosfera causando malefícios à saúde da população com a deterioração do ar (COHEN, CLAUDE; 2003). Como se apresenta a seguir na tabela 5, na determinação das principais substâncias consideradas como poluentes do ar e as respectivas fontes de emissão.

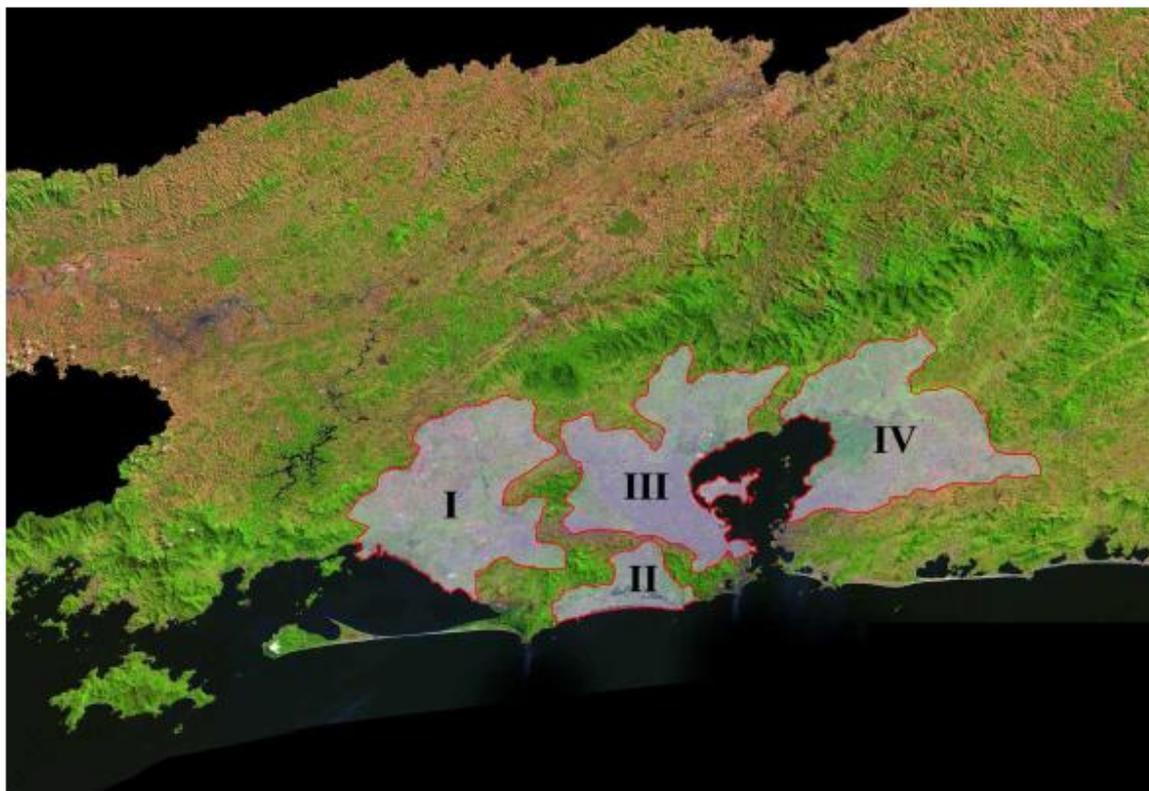
**Tabela 5** Principais Substâncias Consideradas Poluentes do Ar e as Respectivas Fontes de Emissão.

FONTES	ORIGENS	POLUENTES	
FIXAS	Combustão	Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre	
		monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos	
	Processo Industrial	Material Particulado (fumos, poeiras Névoas ), gases – SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCL, Hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> .	
		Queima de resíduo Sólido	Material particulado , Gases – SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCL, NO <sub>x</sub> .
		OUTROS	Hidrocarbonetos, material particulado
MÓVEIS	Veículos Gasolina / Diesel, Álcool, Aviões	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio,	
	Motocicletas, Barcos	hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos.	
	Locomotivas, Etc.		
	NATURAIS	Material particulado – poeiras Gases SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO, NO, NO <sub>2</sub> , Hidrocarbonetos.	
	Reações Químicas Na Atmosfera	Poluentes secundários – O <sub>3</sub> ,aldeídos ácidos orgânicos, nitratos orgânicos,	
	Ex: hidrocarbonetos	aerossol fotoquímicos, etc.	
	Óxidos de nitrogênio ( luz solar )		

Fonte: INEA - Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2009

Providências nesse sentido foram tomadas no que diz respeito ao cenário da qualidade do ar no Município do Rio de Janeiro, em que estudos anteriores indicavam a necessidade em subdividir a região Metropolitana em quatro sub-regiões, com características mais homogêneas sob o ponto de vista da gestão da qualidade do ar. O INEA, sob a égide da antiga

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), realizou esta sub-divisão, denominada de “Bacias Aéreas”, de acordo com a fig.1 (CAVALCANTI, 2003; MAIA ,2003; MAIA, 1997a; MAIA ,1997b)



**Figura 1** Delimitação das sub-regiões da RMRJ

Fonte : Relatório FEEMA / 2009.

Bacias Aéreas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

- Sub-região I ou Bacia Aérea I: área de aproximadamente  $730 \text{ Km}^2$ , local: Zona Oeste
- Sub-região II ou Bacia Aérea II: área de cerca de  $140 \text{ Km}^2$ , local RA de Jacarepaguá e Barra da Tijuca.
- Sub-região III ou Bacia Aérea III: área de cerca de  $700 \text{ Km}^2$ , local: Zona Norte do município do Rio de Janeiro e os municípios da Baixada Fluminense.
- Sub-região IV ou Bacia Aérea IV: área de quase  $830 \text{ Km}^2$ , local: São Gonçalo, Itaboraí, Magé e Tanguá.

Dentre as sub-regiões citadas, a Bacia Aérea III assume um papel de destaque em relação às demais por abrigar a maior parte da ocupação urbano industrial do Estado e dos bairros da Zona Norte do Município do Rio de Janeiro, que se caracterizam pelas indústrias ali situadas e

apresentarem situações que se identificam com a aplicabilidade e abordagem deste estudo. Como consequência, possui um grande potencial de fontes de emissões de poluentes, sendo considerada área prioritária para as ações de controle da gestão da qualidade do ar através do biomonitoramento.

## **5.7 A Qualidade do Ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), devido ao seu intenso crescimento urbano-industrial ocorrido nas últimas décadas, é considerada área crítica em termos de poluição atmosférica e, portanto, prioritária com relação às ações de controle.

Verifica-se no Relatório Anual de Qualidade do Ar \_ INEA (2009), a formação da rede de monitoramento da qualidade do Ar da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), composta por 32 (Trinta e duas) estações manuais e 4 (quatro) estações automáticas fixas e duas móveis, sendo que a partir de 2002, foi incorporada à rede automática da FEEMA uma estação que vem sendo operada pela UTE Barbosa Lima Sobrinho. Depois de 2004, foram incorporados à rede da região mais cinco estações automáticas, operadas na área do pólo petroquímico de Duque de Caxias. Algumas áreas da RMRJ, por comportarem um grande número de fontes de emissão atmosférica, apresentam comprometimento da qualidade do ar. Portanto, é fundamental para a gestão da poluição do ar, a definição destas áreas impactadas além da identificação, qualificação e quantificação das fontes emissoras de poluentes atmosféricos. Ou seja, a implantação da ferramenta Inventário de Emissões Atmosféricas.

### **5.7.1 Contexto da Qualidade do Ar na Região Metropolitana**

A presente abordagem visa descrever o processo de Inventário de Emissões Atmosféricas por Fontes Estacionárias e Móveis na RMRJ. O Objetivo é traçar um diagnóstico da gestão da poluição do ar, desenvolvida pelos Órgãos Ambientais, Estadual e Municipal, responsáveis de forma complementar, pelo monitoramento do ar no Município.

Destaca-se a necessidade de implantar um laboratório de biomonitoramento a fim de processar análises de amostras de cascas de árvores ou foliar, coletadas nos bairros não atendidos pela rede mantida pelo Estado ou pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, para se estender o conhecimento da qualidade do ar a um maior número possível de bairros existentes.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro \_ RMRJ congrega 20 municípios e ocupa uma área de 5693 km<sup>2</sup>, equivalente a 12,9% de todo o Estado. Abriga uma população de 12 milhões de pessoas, cerca de 75% do Estado, das quais 60% vivendo no Município do Rio de Janeiro (fundação CEPERJ – 2007).

Dentre as regiões metropolitanas do país a do Rio de Janeiro é a mais densamente povoada, aproximadamente 2100 hab/km<sup>2</sup>, e a de maior renda interna do Estado e de 8% da nacional (INEA- Relatório anual de qualidade do ar – 2009).

O Município do Rio de Janeiro é composto por 158 bairros dos quais a PMRJ monitora, com estações próprias oito bairros, cabendo ao Estado a coleta e análise de amostras de outros 25 bairros com suas estações manuais e automáticas móveis e fixas. Sendo a área mais densamente ocupada da RMRJ e a que concentra um contingente populacional acentuado, como consequência se equipara aos grandes centros urbanos. As informações obtidas de relatórios dos órgãos ambientais, responsáveis pelo monitoramento do ar indicam que uma parcela de grande representatividade das emissões, 77% do total de poluentes emitidos para a atmosfera, tem origem em fontes móveis enquanto que uma parcela menos significativa, 23% das emissões geradas são originadas em fontes fixas.

Destacam-se como principais poluentes, no total de emissões, para as duas categorias de fonte, que 98% do monóxido de carbono é proveniente das vias de tráfego, enquanto que o dióxido de enxofre, em sua maioria, 88%, é proveniente de atividades industriais.

A origem do material particulado inalável está dividida entre ambas as fontes de forma equiparável. Sendo esse poluente originado da queima de combustíveis fósseis mais pesados, utilizados tanto nos processos industriais, como nos veículos automotores.

### 5.7.1.1 Breve Histórico da Implantação da Rede de Monitoramento

Em 1977, a FEEMA, pioneiramente no Brasil instituiu o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP, através do Decreto nº 1633. Esta poderosa ferramenta serviu de apoio para o cadastramento das principais fontes de poluição do ar no Estado (PIRES, 2005).

Da conjugação do conhecimento sobre a qualidade do ar e o sistema de licenciamento ambiental culminavam ações de regulação que levaram, por exemplo, ao fechamento de todos os incineradores residenciais cujo potencial de poluição do ar era bastante significativo. Como também a exigência da substituição de combustíveis nas padarias, onde a lenha cedeu lugar ao gás ou ao forno elétrico. Nas indústrias houve a exigência da utilização do gás natural em substituição ao óleo combustível. Na região metropolitana, as ações reguladoras levaram a desativação das pedreiras, fontes potenciais de emissão de poeiras (PIRES, 2005).

A partir de 1980, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu em nível nacional o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, com o objetivo de controlar a poluição atmosférica causada por veículos automotores. Dentre as metas estabelecidas, incluiu o desenvolvimento e a implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M. Então, em 1997, o DETRAN-RJ e a FEEMA assinaram um convênio de cooperação técnica para implantar, pioneiramente no país, o Programa I/M. (PIRES, 2005).

Ainda na década de 1980, a Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) estabeleceu diretrizes para implementar o Programa de Autocontrole de Emissões para a Atmosfera - PROCON - AR, onde as atividades poluidoras informam regularmente a FEEMA os resultados das amostragens periódicas e contínuas em chaminés, e da qualidade do ar .

Mais recentemente o CONAMA através da resolução nº 12 de Junho de 2009 estabeleceu procedimentos para manejo com gases poluentes e em dezembro de 2009 através do Decreto nº 42159 modifica o Sistema de Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro sendo implantado em 01 de fevereiro de 2010, complementando o antigo sistema com a criação de outros tipos de licença, como, a Licença Prévia e de Instalação (LPI), a Licença de Instalação e Operação (LIO), a Licença Ambiental Simplificada, A licença Ambiental de Recuperação (LAR) entre outros documentos em razão do enquadramento das atividades e empreendimentos em seis classes distintas, de acordo com o porte e o potencial poluidor estabelecidos pelos critérios estabelecidos no Manual MN -050 R.4 - Norma técnica estadual

para classificação de atividades poluidoras, aprovado pela Resolução CONEMA nº18, em 28 /01/2010.

A metodologia adotada prevê quatro níveis de potencial poluidor (alto, médio, baixo e insignificante) e cinco níveis de porte (mínimo, pequeno, médio, grande e excepcional), para então definir a classe em que se enquadra a atividade (INEA, 2010).

### **5.7.2 Seleção das Áreas de Monitoramento da Qualidade do Ar Adotados pelo INEA**

De acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual para realizar o monitoramento ambiental, foram consideradas áreas prioritárias as situadas nas regiões Metropolitana, Médio Paraíba e Norte fluminense, por apresentarem episódios críticos em termos de poluição do ar. Para instalações das estações de amostragem foi elaborado um quadro contendo a configuração da Rede de Monitoramento da RMRJ, para bairros do Município do Rio de Janeiro (quadro 4.1 a seguir) onde se constata a ausência de diversos bairros, dentre os 158 que fazem parte do Município, embora existam, ainda, oito estações controladas pela PMRJ, mostra-se insuficiente a rede implantada para diagnosticar a qualidade do ar na região. Muito provavelmente por escassez de recursos que compõe o orçamento anual, deixando de contemplar uma estrutura que viabilize a extensão do monitoramento a todos os bairros do Município. Conseqüentemente, a saúde da população nessas localidades tende a ser agravada por doenças respiratórias e cardiovasculares, como se pretende demonstrar.

Conforme observação feita por JR. Philippi, Arlindo (2004) em metrópole com lançamentos diários de toneladas de poluentes na atmosfera, principalmente nos períodos de inversão térmica, detecta-se um aumento da ocorrência de complicações respiratórias, com maior número de atendimentos em prontos-socorros, além de internações em hospitais, e até mesmo acréscimo de mortalidade em grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos. Na realidade o aumento da frequência desse tipo de agravo é indicador importante, pois permite entender que praticamente toda a população está exposta sob a atmosfera envenenada e, sem dúvida, ainda que subclínicamente é vítima do impacto relativo ao problema ambiental. Surge a grande questão sobre quais medidas poderiam ser adotadas para diminuir as toneladas de poluentes lançadas, enfraquecendo o determinante provocador das afecções.

Tomando por base o esclarecimento acima, com o objetivo do trabalho em pauta, a aplicação do método de biomonitoramento possibilita a identificação dos parâmetros que incidem sob a atmosfera dos bairros, e conseqüentemente, a identificação das enfermidades causadas por

estes na população local. Há de se concentrar esforços e atenção quanto às enfermidades respiratórias e cardiovasculares, suscetíveis a um maior grau de poluição na atmosfera, e freqüente justificativa de causas mortis (Miranda, 2008). A Tabela 6 identifica os bairros e locais onde se situam no Município do Rio de Janeiro as estações de monitoramento e os parâmetros identificados pelo monitoramento realizado. Isso permite conhecer quais os que se apresentam com mais freqüência nos bairros, como as partículas inaláveis e as partículas em suspensão presentes.

**Tabela 6** Principais Parâmetros Monitorados nas Estações Elencadas

ESTAÇÃO E ENDEREÇO (RIO DE JANEIRO)	Parâmetros							
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO	HC	M	PI	PTS
BENFICA								
Prefeito Olimpio de Mello (CEDAE)								X
BONSUCESSO								
Praça Eloy de Andrade S/N (FEEMA)							X	X
BOTAFOGO								
Av. Venceslau Brás nº 65 ( Hosp. do Pinel)							X	
CENTRO								
Av. Antônio Carlos nº 98 (Estacimº Min.Faz)							X	X
CENTRO								
Av. Pres.Vargas, nº 963	X	X	X	X	X	X	X	
C. E. SUMARÉ								
Estrada do Sumaré nº 400 (Casa do Bispo)							X	X
COPACABANA – (Forte Copacabana)								
Av. Joseph Block nº 30							X	X
JACAREPAGUÁ								
Rua Edgard Verneck nº 1601(Posto Cidade Deus)							X	X
MARACANÃ								
Rua São Francisco Xavier (UERJ)							X	X
REALENGO								
Av. Brasil s/n (Cieps Marechal Henrique Lott)							X	X
SANTA CRUZ								
Rua Victor Dumas , s/nº	X	X	X	X	X	M	X	X
SANTA CRUZ								
Estrada São Fernando , s/n	X	X	X	X	X	M	X	X
SANTA TERESA								
Largo do França nº 8 (CEDAE)							X	
SÃO CRISTÓVÃO								
Av. Pedro II nº 67 (CEDAE)							X	X
SUMARÉ								
ESTRADA DO SUMARÉ							X	X
TIJUCA								
AV. HEITOR BELTRÃO Nº 353								X

Nota: SO<sub>2</sub> – Dióxido de Enxofre , NO<sub>x</sub> – Óxido de nitrogênio , O<sub>3</sub> – Ozônio , CO – Monóxido de Carbono.HC – Hidrocarbonetos , PI – Partículas Inaláveis , PTS – Partículas Totais Suspensão, M – Par.meteorológico

Fonte: INEA-Relatório Anual de Qualidade do ar – 2009

“Entre os estudos mais reproduzidos da década de 90 em diante está o de séries temporais relacionando mortalidade e morbidade com a poluição do ar. Pode-se dizer que as relações entre poluição do ar e impactos à saúde estão bem documentadas. Estes achados, contudo, continuam tendo um papel relevante para as secretarias de Saúde e as instituições que formulam as políticas de saúde pública, que esperam um grau de certeza que a ciência muitas vezes não pode oferecer. A interface entre os formuladores das políticas públicas e os pesquisadores é de grande importância com o objetivo de incorporar as relações de custo/benefício entre a perspectiva humana ecológica e econômica, nas estratégias de controle ambiental e de saúde pública, com o apoio das comunidades” (Miranda, 2008).

A implantação de laboratório de biomonitoramento do ar, equaciona a dificuldade de obtenção de recursos com a necessidade de conhecer a qualidade do ar que a população respira, viabilizando o conhecimento dos impactos na saúde com o desenvolvimento de estudos epidemiológicos de forma a fortalecer uma política de saúde pública preventiva e não somente corretiva.

A grande dificuldade enfrentada pelos municípios para implantar uma rede de monitoramento que informe a qualidade do ar e seus efeitos na saúde da população se deve a escassez de recursos financeiros em seus orçamentos. A PMRJ, agregou recentemente a sua rede 4 novas estações automáticas de monitoramento, com isso ela dobrou seus pontos de observação passando a contar com 8 pontos fixos e uma estação móvel.

**Tabela 7** Boletim de Qualidade do AR\_PMRJ

Concentração Máxima							
Poluentes Monitorados							
Estação	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO(µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Índice de Qualid.AR	Classificação
Bangu	1,4	0,3	24,3	89,1	29,9	56	Regular
Centro	8,6	0,7	58,5	184,6	NM	160	Inadequada
Pedra de Guaratiba	3,7	0,4	26,9	143,2	65,7	90	Regular
Tijuca	15	0,2	26,8	176,6	NM	140	Inadequada
Campo Grande	8,8	0,2	48,1	112,7	46,8	71	Regular
Copacabana	3,2	0,5	26	116,8	55,6	73	Regular
Irajá	8	0,4	53	44,4	NM	52	Regular
São Cristovão	NM	NM	30,4	109,3	NM	69	Regular
Maracanã(U.Móvel)	3,6	0,1	30,4	167,8	NM	118	Inadequada

FONTE: PMRJ\_ SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (06/02/2012)

### 5.7.3 Instrumentos Legais ao Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos

O Estado do Rio de Janeiro deu início à formulação de sua base legal para o controle industrial com a implantação do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP) pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) ainda no final da década de 1970. A seguir, outros processos desenvolvidos principalmente pelo Estado de São Paulo, através da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), contribuíram e ainda o fazem para complementação da legislação. As resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) passaram a incorporar o papel regulador das atividades poluidoras como regra geral, o que demanda Resoluções e/ou decretos complementares à legislação Federal. Todavia já se tem extensa legislação contendo instrumentos reguladores da poluição atmosférica para fontes fixas e móveis. O Município do Rio de Janeiro Vide anexo 1. A Tabela 8 a seguir apresenta alguns dos principais instrumentos jurídicos reguladores das emissões e do licenciamento ambiental em vigor.

**Tabela 8** Instrumentos Legais para Controle da Poluição Atmosférica

Jurisdição	Forma	Órgão	Data	Objeto
Federal	Prt.	Mininter. 0231	27/4/76	Estabelece Padrões de qualidade do ar.
Federal	Lei	Pres.Rep. 6803	2/7/80	Dispõe s/ Zont <sup>o</sup> . Industrial em áreas críticas.
Federal	Lei	Nº 6938	31/8/81	Estabelece Polít.Nacional do Meio Ambiente.
Federal	Lei	Pres.Rep. 8723	28/10/93	Redução emissão poluentes veiculares
Federal	Res.	Conama nº 3	28/6/90	Estabelece Padrões de Qualidade do AR.
Federal	Res.	Conama nº 5	15/6/89	Pronar, Programa Nacional de Qualidade do Ar.
Federal	Res.	Conama nº 8	6/12/90	Limites Máximos de Poluentes do ar Comb.
Federal	Lei	Pres.Rep.10257	10/7/01	Estatuto da Cidade.
Estadual	Dec.	Nº 134	16/6/75	Política Est. de Controle Ambiental.
Estadual	Delib.	Ceca Nº 935	7/8/86	DZ-545 Prog. de autocontrole emissões para a atmosfera PROCON – AR
Estadual	Dec.	Nº 26058	14/3/00	Def.Áreas priorit.de ação do Estado RJ.
Estadual	Res.	Conema 05	22/12/08	Revoga a NT-574 Padrões de emissão de poluição do Ar.Delib.Ceca 2953/93
Estadual	Res.	Conema 12	10/6/09	Estabelece procedt <sup>o</sup> gases poluentes
Estadual	Res.	Conema 18	28/1/10	MN-050 Classif.Atividades Poluidoras.
Estadual	Dec.	Nº 42159	2/12/09	Criação do SLAM (Sist.Lic. Ambiental)

Fonte : Coletânea de Legislação Ambiental RT Editora

À luz da fundamentação legal ora existente, na esfera federal, estadual e municipal, anexo 1, e as ações desenvolvidas pelos órgãos responsáveis em desenvolver e executar políticas públicas de controle da qualidade do ar, as fontes fixas de emissões de gases poluentes à

atmosfera foram reduzidas significativamente ao longo de décadas recentes. Em contrapartida, o aumento da frota de veículos pesados e leves em circulação aumentou gradativamente, devido ao crescimento econômico e os desdobramentos atrelados a este. Pode-se citar a instalação de novas plantas automobilísticas no Estado do Rio de Janeiro na década de 90, aumento do poder aquisitivo das classes C e D, prazos mais elásticos para o financiamento de veículos, redução da incidência tributária sobre a comercialização de veículos. Tudo isso sem reverter em favor da sociedade, seja do ponto de vista de melhoria do monitoramento, seja de melhoria na qualidade de vida, ou até mesmo na organização urbana ou regional, com estradas vicinais de melhor qualidade, por exemplo.

Todas estas iniciativas colocam no mercado um contingente grande de veículos comprometendo a capacidade de absorção dos gases por eles emitidos. Em consequência a concentração de emissões veiculares, tornou-se o problema principal, em se tratando de poluição atmosférica, a ser tratado nas grandes cidades, devido aos efeitos dos gases emitidos e seus efeitos à saúde da população. O que justifica desenvolver estudos epidemiológicos a cerca da questão, aja vista os congestionamentos constantes nas grandes cidades do País. Estudo recente publicado no periódico científico “Environmental Science & Technology”, de autoria de Brian Giebel (2011), demonstrou que nem todo o etanol misturado aos combustíveis é queimado, sendo lançado diretamente na atmosfera pelo escapamento de veículos. Uma vez no ar, reações fotoquímicas transformam grande parte deste álcool em acetaldeído, um composto que se sabe capaz de provocar câncer e outras substâncias perigosas para a saúde humana e o ambiente (Jornal o Globo; agosto 2011). Como consequência do trânsito, e com reflexos nas enfermidades que surgem, as mais diversas, como problemas pulmonares, cardiovasculares, cancerígenos, mutilações, paralisias, dentre outros.

## 5.8 Epidemiologia da Poluição do Ar no Município do Rio de Janeiro

A preocupação central da epidemiologia é compreender a inter-relação entre fatores e uma determinada doença em estudo. Assim, a doença surge onde atuam diversos fatores, o que, em outras palavras, significa dizer, que a doença se instala a partir de uma rede multicausal (PHILLIP, JUNIOR, 2004).

Através desse estudo procura-se demonstrar a influência de cada fator. Diante da atuação de um fator **Y**, bem específico, conhecido e definido, qual foi o incremento da doença **X**. Torna-

se necessário, aferir a ocorrência ou frequência da doença, pois, assim, pode-se avaliar os efeitos sobre a saúde da população, quando o fator está atuando (NATAL, DELSIO, 2004).

Alguns autores também incluem na definição que a epidemiologia permite ainda a avaliação da eficácia das intervenções realizadas no âmbito da saúde pública.

O alcance da epidemiologia no estudo das doenças coletivas em uma comunidade considera alguns fatores comuns causadores de enfermidades, que possibilitam o levantamento dos efeitos na saúde pública. Conseqüentemente a identificação dos agentes causadores de enfermidades permite planejar políticas públicas de controle das emissões de poluentes, concomitantemente ao controle dos problemas de saúde. A ausência de informações e avaliações da qualidade do ar impede a identificação de parâmetros que contribuem para a deterioração da qualidade de vida dessas comunidades.

### **5.8.1 Efeitos da Poluição na Saúde, Custos Privados, Custos Sociais**

A partir da emissão dos poluentes lançados na atmosfera, principalmente em períodos de inversão térmica, identifica-se aumento da ocorrência de complicações respiratórias e um maior número de atendimentos em prontos - socorros além das internações hospitalares, alcançando níveis mais elevados de mortalidade em grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos. O que hoje é feito no Município do Rio de Janeiro, nos bairros listados na tabela 9, através do Monitoramento do ar executado pelo Estado e pelo Município tabela7, devido às emissões de gases poluentes provocados por fontes fixas e fontes móveis.

Verifica-se ao comparar as informações dos pontos controlados pelo Estado da tabela 9 com as informações apresentadas na tabela 6 (página 36) de 2009, uma expansão no número de pontos de monitoramento no Município do Rio de Janeiro, sob a gestão do órgão ambiental estadual, que complementado com os pontos monitorados pela PMRJ tabela 7 (página 37), que também dobrou sua capacidade de monitoramento a partir de janeiro de 2012, ainda assim não contemplam as necessidades de monitoramento do Município. Isso ao considerar que a região do Município, em toda sua extensão, compreende 158 bairros, dos quais apenas 8 pontos fixos e um móvel são monitorados pela SMAC, todavia, destes pontos monitorados pela PMRJ, 5 bairros, se superpõe aos controlados pelo Estado, apenas as 4 novas estações automáticas se localizam em bairros ainda não monitorados anteriormente.

**Tabela 9** Local dos Pontos de Monitoramento do Ar no Município do Rio de Janeiro controlados pelo Estado

ESTAÇÃO E ENDEREÇO (RIO DE JANEIRO)	PARAM. MEDIDOS
BENFICA Prefeito Olimpio de Mello (CEDAE)	PTS
BONSUCESSO Praça Eloy de Andrade S/N (FEEMA)	PTS / PI
BOTAFOGO Av. Venceslau Brás nº 65 ( Hosp. do Pinel)	PI
CAJU Rua Duque de Caxias nº5	PM2,5
CASCADURA Av. Ernani Cardoso nº 152 (Fórum )	PTS
CENTRO Av. Antônio Carlos nº 98 (Estacionamento do Min.Fazenda)	PTS / PI/PM2,5
COELHO NETO Av. Automóvel Clube s/n (CIEPS Candeia Filho)	PTS
C. E. SUMARÉ Estrada do Sumaré nº 400 (Casa do Bispo)	PTS / PI
COPACABANA – (Forte Copacabana)	PM2,5
COPACABANA Rua Tonelero s/n –(Metrô)	PM2,5
GAVEA Posto de Saúde perto do Minhoção	PM2,5
FLAMENGO Aterro do Flamego-(Parques e Jardins p. 2 de Dezembro)	PM2,5
ILHA GRANDE Vila Dois Rios (CEADS-UERJ)	PTS
JACAREPAGUÁ Rua Edgard Verneck nº 1601 (Posto Saúde da C. de Deus)	PTS / PI
MARACANÃ Av.Presidente Castelo Branco s/n- UERJ	PTS / PM2,5
MEIER Rua Aristide Caire nº53 –(Forum )	PM2,5
RAMOS Av.Brasil s/n –( ao lado do Piscinão de Ramos)	PM2,5
REALENGO Av. Brasil s/n (Cieps Marechal Henrique Lott)	PTS
RECREIO DOS BANDEIRANTES Av.Salvador Allende nº5500 - (Laboratórios INEA)	PM2,5
RIO COMPRIDO Rua Santa Alexandrina 416 –( INMETRO)	PM2,5
SANTA CRUZ -CIEP Av.João XXIII s/n (CIEP ao lado da UPA 24 horas)	PM2,5
SANTA CRUZ -ALVORADA Rua 8 s/n- lote 230-Conjunto Alvorada-	PM2,5
SANTA TERESA Largo do França nº 8 (CEDAE)	PTS
SÃO CRISTÓVÃO Av. Pedro II nº 67 (CEDAE)	PTS / PI
TIJUCA Av. Heitor Beltrão nº 353 (Sind. dos Escritores)	PTS

Fonte : Inea,2011 – Diretoria de informação e monitoramento.

Constata-se que o ritmo de implantação de estações de monitoramento no Município é muito lento para se atingir 50 % de sua extensão, isso se deve, provavelmente ao custo de cada estação automática implantada.

As informações originárias, desses novos pontos monitorados pela SMAC, deverão contribuir bastante com informações sobre a composição da poluição atmosférica nesses bairros. A totalidade dos bairros monitorados é de 29, num universo de 158, representando 18,35% desses, monitorados e capacitados à além de informar o grau de poluição existente, viabilizar o desenvolvimento de estudos epidemiológicos.

Constata-se que estes pontos de observação não atendem a todo o Município do Rio de Janeiro, relegando a outro plano bairros sem a aferição da qualidade do ar como Grajaú, Engenho Novo, Lins de Vasconcelos, Quintino, Olaria, entre outros, densamente povoados, em sua maioria, com perfil de renda per capita situada entre 1 e 3 salários, escolaridade precária, sem conclusão de formação profissional técnica ou superior, incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares, apurados através de informações do Censo IBGE, que serão demonstrados adiante.

Necessário se faz desenvolver estudos epidemiológicos sobre a incidência de enfermidades que afetam a população residente nos bairros cujo monitoramento do ar não é realizado, assim como em áreas onde o monitoramento é realizado, porém, estudos epidemiológicos não são efetuados. O estudo epidemiológico, que interpreta as doenças causadas pelos poluentes e sua frequência, leva em consideração a distribuição espacial e temporal para entender como a doença irrompe no seio da população, o custo para mitigá-la, evitá-la e preservar o grande contingente populacional de pessoas saudáveis ainda não atingidas. Esses são alguns dos custos sociais que demandam atenção da sociedade e do poder público ao definir políticas de saúde pública.

Quando se mensura os óbitos ou doenças em uma determinada área, está se dimensionando numericamente a questão, mas isto vai além, ao avaliar componentes temporais, as séries históricas e como determinado agravo se comporta PHILIPPI JUNIOR (2003) afirma, que “tomando-se por base os estudos referidos, levantam-se e testam-se hipóteses sobre possíveis determinantes, levando-se à indicação segura de como monitorar e controlar a doença racionalmente.”

Na prática, a epidemiologia procura avaliar, mediante instrumental metodológico, a força de cada fator. Interessa investigar diante da atuação de um fator Y, bem específico, conhecido e definido, qual foi o incremento da doença X.

A necessidade do levantamento das doenças causadas pelos poluentes e o custo que estas acarretam são fatores primordiais para uma política de mitigação das emissões e de recursos despendidos com a saúde.

### **5.8.2 Custos Sociais**

A poluição atmosférica gera custos para a sociedade não contabilizados nas atividades econômicas desenvolvidas dentro do próprio sistema econômico, como transporte e indústrias, o que é considerado externalidade negativa, já que são atividades geradoras de poluição do ar, que pode ser mensurada através do método da produtividade marginal entre outros.

#### **5.8.2.1 Custos Sociais do Ponto de Vista Econômico**

Os métodos de valoração dos custos sociais, advindo do impacto e efeitos da poluição do ar na saúde das pessoas, são diversos. Pela ótica da avaliação econômica, entre eles podemos citar (MOTTA, 1998).

Métodos da Função Produção:

Método da Produtividade Marginal (produção sacrificada),

Métodos de Mercados de Bens Substitutos (gastos defensivos, custos evitados, custos de controle).

Identifica-se em cada um deles dificuldades peculiares para se desenvolver a metodologia, como adaptação, aplicação e alto custo de entrevistas e outros componentes. Além da realidade de uma região ser diferente de outra em que se pretende aplicar o método, que em diversos casos dificulta a aplicação.

Destaca-se o método de valoração para estimar os custos de saúde como o da Produtividade Marginal, em que se calcula a produção sacrificada do trabalhador associada ao dano ambiental. Alternativa a esta é verificar o mercado de bens substitutos, ao realizar a avaliação com base em recursos econômicos, que foram direcionados para mitigar os problemas causados pela degradação ambiental. Isto é, se estimam os gastos incorridos para evitar o dano ambiental, a produção e / ou renda deixada de ser criada, bem como os gastos feitos diretamente para sanar o impacto ambiental (MOTTA, 1998).

### 5.8.2.2 Custos Sociais do Ponto de Vista Jurídico.

Quanto aos prejuízos causados aos trabalhadores, há pela ótica do Direito a responsabilidade civil objetiva do Estado. Independentemente de qualquer falta ou culpa do serviço, como ensina Cavalieri, 2007. Chegou-se a essa posição com base nos princípios da equidade de ônus e encargos sociais. Se a atividade administrativa do Estado é exercida em prol da coletividade, se traz benefícios para todos justo é, também, que todos respondam pelos seus ônus, a serem custeados pelos impostos. (o que não faz sentido é fazer com que um ou apenas alguns administrados sofram todas as conseqüências danosas da atividade administrativa).

Em busca de um fundamento para a responsabilidade objetiva do Estado, valeram-se os juristas da teoria do risco que originou a teoria do risco administrativo, assim formulada: “a Administração Pública gera risco para os administrados, entendendo-se como tal a possibilidade de dano que os membros da comunidade podem sofrer em decorrência da normal ou anormal atividade do Estado”. Conseqüentemente, deve o Estado, que a todos representa, suportar o ônus da sua atividade, independentemente de culpa dos seus agentes. Toda lesão sofrida pelo particular deve ser ressarcida, independentemente de culpa do agente público que a causou. O que se tem que verificar é, apenas, a relação de causalidade entre a ação administrativa e o dano sofrido pelo administrado.

A Constituição de 1988 disciplinou a responsabilidade civil do Estado no §6º do seu art. 37: “As pessoas jurídicas de Direito Público e as de Direito Privado de serviços públicos responderão pelos danos que seus agentes, nessa qualidade, causarem a terceiros, assegurado o direito de regresso contra o responsável nos casos de dolo ou culpa.” Em suma, haverá a responsabilidade do Estado sempre que se possa identificar um laço de implicação recíproca entre a atuação administrativa (ato do seu agente), ainda que fora do estrito exercício da função, e o dano causado a terceiro. Daí se infere o entender do ilustríssimo jurista a respeito do mencionado parágrafo 6º do art.37, que no seu entender não se refere apenas à atividade comissiva do Estado; pelo contrário, a ação a que alude engloba tanto a conduta comissiva como a omissiva. O Estado pratica ato ilícito não só por omissão (quando deixa de fazer o que tinha o dever de fazer), como também por comissão (quando faz o que não devia fazer). Assim afirma Cavaliere:

Haverá omissão específica quando o Estado, por omissão sua, crie a situação propícia para a ocorrência do evento em situação em que tinha o dever de agir para impedi-lo. A regra é a responsabilidade objetiva do Estado, fundada na *teoria do risco administrativo*, sempre que o dano

for causado por agentes do Estado, nessa qualidade; sempre que houver direta relação de causa e efeito entre a atividade administrativa e o dano. Resta, ainda, espaço, todavia, para a responsabilidade subjetiva – fatos de terceiros e fenômenos da natureza-, então, a responsabilidade da Administração, com base na culpa anônima ou falta de serviço, seja porque este não funcionou, quando deveria normalmente funcionar, seja porque funcionou mal ou funcionou tardiamente. Destarte, não havendo previsão de responsabilidade objetiva, ou não estando esta configurada, será sempre aplicável a cláusula geral da responsabilidade subjetiva se configurada a culpa, nos termos do art.186 do Código Civil Brasileiro (CAVALIERI, 2007).

Além das medidas de proteção e preservativas previstas no §1º, I-VII, do art.225 da Constituição Federal, em seu §3º ela trata da responsabilidade penal, administrativa e civil dos causadores de dano ao meio ambiente, ao dispor: “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independente da obrigação de reparar os danos causados”. Neste ponto a Constituição recepcionou o art.14, §1º da lei nº 6938/1981, que estabeleceu responsabilidade objetiva para os causadores de danos ao meio ambiente.

Sendo a poluição veicular, responsável por aproximadamente 77% da poluição existente no Município do Rio de Janeiro, nada mais justo seria que estender às vítimas de enfermidades causadas por este tipo de poluição, o seguro obrigatório dos proprietários de veículos automotores (DPVAT), conforme doutrina francesa descrita por Cavaliere, 2007. Em sua obra, lê-se que no curto prazo a responsabilidade individual será substituída pelos seguros privados e sociais, com a criação de fundos coletivos de reparação a serem financiados por contribuições dos criadores de riscos ( patrões, proprietários de veículos e etc).

A indenização que se pretende estará a reparar os danos causados à saúde da população ao contrair enfermidades. A abordagem jurídica contempla como ponto de partida o salário atual recebido pelo enfermo, e sua projeção de produtividade e vida útil por anos à frente. Com este instrumento jurídico, o cálculo da vida profissional do indivíduo será estimado com base no momento em que ele para de operar profissionalmente, cessando com sua atividade naquele determinado momento, e os anos pela frente que poderia atuar até completar seu tempo para aposentadoria, 65 anos para os homens e 60 para mulheres, Art 48 caput, Lei 8213 de 24/07/1991.

Muitas enfermidades, causadas pela poluição atmosférica, incapacitam indivíduos ao exercício da profissão. O que Motta (1998), considerou valor presente da produção futura, que seria gerada pelo indivíduo, difere da abordagem jurídica porque enquanto esta considera

efetiva a trajetória de vida do indivíduo médio, com saúde e força de trabalho até o momento de requerer sua aposentadoria, aquela considera a probabilidade de que esteja vivo, ou a probabilidade de que esteja na força de trabalho, ou a probabilidade de que esteja empregado. Todavia, a distinção entre mortalidade e morbidade é instrumento útil para se verificar as conseqüências e resultados da poluição atmosférica sobre a saúde da população.

## 5.9 Mortalidade

A avaliação para uma mudança no risco que ameaça a vida e a saúde é dada pela soma dos valores que “um indivíduo em risco associa a sua saúde e suas chances de vida, que outros indivíduos estariam dispostos a pagar para evitar o risco daquele indivíduo, e os custos que a sociedade incorre e que, de outro modo, não incorreria se aquele indivíduo não sofresse os efeitos do risco em questão” (MOTTA, 1998).

A aplicação do conceito de fundo coletivo de reparação descrito por Cavalieri, com origem na escola francesa, é perfeitamente adaptável ao que se descreve no parágrafo anterior. Sendo estimada a disposição a pagar por uma mudança no risco de morte em alguma atividade, pode-se encontrar o Valor de uma Vida Estatística (VVE).

Utilizando-se o instrumento da valoração contingente, que busca estimar a disposição a pagar (DAP) pela redução da incidência de doenças e do risco de morte, através de pesquisa direta com indivíduos, requerendo que estes eliciem suas preferências. O que permite a estimação de valores mais realísticos da DAP.

$$VVE = \frac{DAP}{\Delta Risco}$$

VVE = Valor de uma Vida Estatística;

DAP = Disposição a pagar, por risco de morte e redução de incidência de doenças.

Ainda conforme a argumentação de MOTTA (1998); estimado o VVE associado a uma atividade com risco de morte para um indivíduo, pode-se multiplicá-lo por uma variação no risco de vida por outra atividade. Utilizando dados sobre variação de risco de morte, ambos, para a cidade de São Paulo obtém-se o VVE de São Paulo.

Esta metodologia é aplicável a toda e qualquer outra região, conforme menciona o artigo sobre o método da Transferência de Benefícios, que consiste em adaptar a DAP(ou outra estimativa) de outras localidades para o local que está sendo estudado. A transferência de

benefícios é a aplicação de “valores monetários de um estudo particular de valoração para um ambiente de decisão política, alternativo ou secundário, frequentemente em outra área geográfica diferente de onde o estudo original foi executado” (MOTTA,1998).O outro método de valoração adequado para a estimação de custos de saúde é o da Produtividade Marginal na qual se estima a produção sacrificada do trabalhador associada ao dano ambiental. Outra forma é analisar o mercado de bens substitutos, em que se faz a avaliação com base em recursos econômicos que foram direcionados para mitigar os problemas causados pela degradação ambiental. Com esta técnica, estimam-se os gastos incorridos para evitar o dano ambiental, a produção e/ou renda deixada de ser criada, bem como os gastos feitos diretamente para sanar o impacto ambiental.

Pode-se chegar a valores para as DAP de países onde não existem estudos, a partir do uso de estimativas encontradas nos países da Comunidade Européia e nos EUA, ajustando-as para o caso em estudo, mediante a diferença na renda real per capita entre estes locais e o nosso local de análise.

Por outra via, o cálculo do valor de uma vida como hoje é praticado nas questões jurídicas, art.950 novo Código Civil (2002), “se da ofensa resultar defeito pelo qual o ofendido não possa exercer o seu ofício ou profissão, ou se lhe diminua a capacidade de trabalho, a indenização, além das despesas do tratamento e lucros cessantes até o fim da convalescença, incluirá pensão correspondente à importância do trabalho para que se inabilitou, ou da depreciação que ele sofreu”. O mesmo direito estende-se ao que tiver a morte como resultado de atividade profissional negligente, conforme o art.951 do nCC , o que seria então a morte causada pela ausência de monitoramento do ar em áreas negligenciadas pelo poder público, que não a atividade fim de órgãos estatais, cujo objetivo e atividade outra não é que aferir e coibir a poluição do ar e sua influência sobre a saúde de seus habitantes. O que se busca como valor de indenização pela morte de um indivíduo a qualquer tempo é o caminho mais realístico à sociedade brasileira, e mais ágil de se obter a valoração.

### **5.10 Morbidade**

Compreende a morbidade as enfermidades causadoras de afastamentos de indivíduos de suas atividades e trabalho, que podem se originar de diversos agentes diferenciados. No presente estudo, os levantamentos estão concentrados em atividades associados aos custos à saúde

causados pela poluição atmosférica. Como explicita MOTTA (1998): “Os custos podem ser classificados em quatro categorias:

- 1) Gastos médicos associados com tratamento de doenças induzidas pela poluição;
- 2) Dias de trabalho perdidos resultantes da enfermidade;
- 3) Gastos para evitar ou prevenir (gastos preventivos) e atividades associadas com tentativas de mitigar a doença; e
- 4) Desutilidade associada com sintomas e oportunidades de lazer perdidas devido à doença.”

Dada as dificuldades de estimar as parcelas referentes aos dois últimos itens, calculou-se o custo de saúde associados à poluição atmosférica somando:

$$\boxed{A + B = C}$$

A = Gastos hospitalares totais (por faixa etária e evento).

Tabela nº 21

B = Valor do salário dos dias de trabalho perdidos.

Tabela nº 22 x (Tab.nº17) ou (Tab. nº 18)

C = Custo de saúde associado à poluição atmosférica.

Obs: B foi calculado com base nos salários médios da região.

Os gastos de morbididades hospitalares e número de internações foram levantados a partir do sistema DATASUS. Neste também se obteve o tempo médio de permanência por internação, a fim de inferir-se o número de dias perdidos de trabalho multiplicando-se o número de internações no ano pelo tempo médio de internação. Apresenta-se a possibilidade de cálculo em separado para PNEA ao aplicar a tabela 17, ou se a escolha for por considerar toadas as faixas etárias, aplica-se a tabela 18.

### 5.10.1 Cálculo do Número de Dias Perdidos de Trabalho

$$\boxed{D = T \times N^{\circ} I / \text{ano}}$$

T = Tempo médio de permanência por internação;

Tabela nº 15 ou Tabela nº 18

Nº I / ano = Número de internações no ano;

Tabela nº 16 ou Tabela nº 17

D = Número de dias perdidos de trabalho.

### 5.10.2 Cálculo da Renda Média Mensal.

A renda média mensal foi calculada através da renda per capita (obtida no item mortalidade) ponderada pela participação da faixa etária na PEA (População Economicamente Ativa).

$$\bar{Y}/m = \frac{Y \times I}{n}$$

$\bar{Y}$ = Renda da Sub-faixa etária (Tabela nº 11 ou Tabela nº12).  
 I= Número de elementos da faixa etária das populações (PEA e PNEA).  
 Tabela nº 11 ou Tabela nº 12  
 n= Total de elementos da PEA (Tabela nº 10).

Optou-se por utilizar os dados fornecidos pelo IBGE, tabela 22 ao invés de aplicar a fórmula do item 8.5.2. , já que essa informação é fornecida pelo órgão governamental.

### 5.10.3 Cálculo do Custo da Doença.

Somando-se os gastos hospitalares totais com o valor dos dias perdidos de trabalho no ano, estima-se o custo da doença associado à poluição atmosférica.

Gastos hospitalares totais = A

A = Tabela nº 21

Valor dias perdidos de trabalho ano = B

B = Tabela nº 22 x (Tab.nº17) ou (Tab. nº 18)

Custo da Doença = CD

$$CD = A + B$$

Fundamentado nos indicadores apresentados nas tabelas do sistema IBGE-SIDRA é possível observar algumas relações abaixo descritas que viabilizam a aplicação dos dados extraídos nas equações que informam o custo da doença para enfermidades respiratórias.

Observa-se na Tabela 10 a evolução da população do Município do Rio de Janeiro e o PIB per capita de 2001 a 2007. Deste universo os dados sobre a população e respectiva renda no exercício de 2007, são utilizados nos cálculos a seguir. Ainda não estavam disponíveis dados mais atualizados no inventário do IBGE.

**Tabela 10** PIB Per Capita Município do Rio de Janeiro (período 2001 – 2007)

Ano	PIB per capita	População
2001	10439,49	14569580
2002	11638,58	14724475
2003	12636,17	14879118
2004	14663,31	15204272
2005	16057,43	15383407
2006	17692,58	15561721
2007	17692,58	15561721

Fonte: IBGE. Nota: Valores do PIB per capita em Reais. Valores do PIB em milhões de Reais. O IBGE, órgão responsável oficialmente pelo cálculo do PIB nacional e regional, realizou, durante o ano de 2007, uma mudança metodológica no cálculo do mesmo. Essa mudança metodológica foi de tal envergadura que inviabiliza comparar os valores calculados pela metodologia de 1985 e a metodologia de 2000. Ainda não está disponível o PIB regional para 2008.

Interessa destacar a faixa etária da população em domicílios urbanos com a seguinte composição de renda média mensal das famílias por faixa etária. Tabela 11, pesquisa nacional por amostras de domicílios.

**Tabela 11** Rendimento Médio Mensal das Famílias por Faixa Etária (PNEA)

Grupo de Idade	Rendmtº Mé. Mensal	Rendmtº Mé. Mensal	Rendmtº Mé. Mensal
	Até 1sal.mín	+ de 1 até 2 sal.mín.	De 2 a 3 sal.mín.
5 a 13 anos	122	325	269
14 a 19anos	65	171	183
.....	.....	.....	.....
50 a 64anos	109	246	309
65 anos ou mais	87	171	200

Fonte : IBGE – Pesquisa nacional por amostras de domicílios – os dados desta tabela foram reponderados pelo peso definido pela contagem da população de 2007.

Em separado, a fim de destacar a importância das faixas etárias de população economicamente ativa, a tabela 12 demonstra a evolução da renda média das famílias e o respectivo contingente alocado em cada uma delas. Nota-se que esse contingente é bem superior aos da tabela 11 que apresenta informações da população não economicamente ativa.

**Tabela 12** Rendimento Médio Mensal das Famílias por Faixa Etária (PEA)

Grupo de Idade	Rendmtº Mé. Mensal	Rendmtº Mé. Mensal	Rendmtº Mé. Mensal
PEA	Até 1sal.mín	+ de 1 até 2 sal.mín.	De 2 a 3 sal.mín.
20 a 39 anos	141	564	567
40 a 49 anos	72	252	268

Fonte : IBGE – Pesquisa Nacional por amostras de domicílios – os dados desta tabela foram reponderados pelo peso definido pela contagem da população de 2007.

PEA : População economicamente ativa.

A renda média mensal apresentada na tabela 11, cuja abrangência compreende as faixas etárias mais suscetíveis às enfermidades respiratórias, que são os grupos por idade, de crianças e adolescentes, dos idosos e aposentados. Ao se cruzar essa informação com registros de ocorrência de doenças crônicas declaradas por faixa de rendimento associadas às faixas etárias (tabela 13) verifica-se os efeitos sobre a população menos favorecida e mais suscetível a exposição de parâmetros inerentes a poluição do ar.

**Tabela 13** Doenças Crônicas Declaradas versus Rendimento das Famílias

Grupo de idade	C/ doença crônica	C/ doença crônica	C/ doença crônica	C1 doença crônica	C1 doença Crônica	C1 doença crônica
Anos	Até 1 S.M.	+ de 1 S.M	+ de 2 S.M	Até 1 S.M.	+ de 1 S.M	+ de 2 S.M
5 a 13	11	39	20	11	38	20
14 a 19	06	23	14	06	21	12
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
50 a 64	74	160	190	29	70	87
65 ou mais	75	149	166	31	39	59

Fonte : IBGE – Pesquisa Nacional por amostras de domicílios – os dados desta tabela foram reponderados pelo peso definido pela contagem da população de 2007. ( S.M.=Sal.Mínimo).

Em síntese um pouco mais apertada sobre efeitos das doenças crônicas e as entradas com internações hospitalares, por faixa etária, os registros da tabela 15 a seguir informam o número de internações hospitalares nos últimos doze meses de 2007. Variável = População residente (PNEA).

**Tabela 14** Internações Hospitalares nos Últimos Doze Meses

Grupo de Idade	Foram Internadas	Foram Internadas 1 vez	Foram internadas 2 ou + Vezes
5 a 19 anos	76.000	64.000	11.000
.....	.....	.....	.....
40 a 64 anos	216.000	172.000	44.000
65 anos ou mais	130.000	91.000	39.000

Fonte IBGE – Pesquisa Nacional por amostras de domicílios – os dados desta tabela foram reponderados pelo peso definido pela contagem da população de 2007.

As causas de ocorrência de internações hospitalares são as mais diversas, conforme dados do SIDRA/IBGE, dentre eles destaca-se a tabela com informações da “Existência de Problemas no Domicílio por Região” elaborado em 2002, onde se constata o percentual do problema em cada região do país.

Dentre os problemas discriminados na pesquisa apresenta-se com elevado destaque a região sudeste. Para essa região identifica-se o percentual de 21,21% dos problemas em domicílios provocados ou com origem na “ poluição ou problemas ambientais causados pelo trânsito ou indústria” (Fonte:[HTTP://www.sidra.ibge.gov.br/bda](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda)). Como as informações anteriores, os dados do IBGE são referentes a 2007, o mesmo em relação a este percentual.

A inferência e aplicação desse percentual sobre dados levantados para o Município do Rio de Janeiro atende a certificação das informações sobre a influência da poluição atmosférica na saúde das pessoas. Para tal, trabalhar-se-á com as informações hospitalares mais atualizadas do período compreendido entre março de 2010 e abril de 2011, a fim de obter informações que subsidiem as variáveis das equações anteriormente descritas e se obtenha o custo da doença causado pela poluição atmosférica na população do Rio de Janeiro, somente para enfermidades respiratórias como protótipo de um modelo que disponibiliza informações sobre uma determinada enfermidade e que pode ser ampliado ao considerar outras doenças que também têm origem na poluição do ar como as cardiovasculares, dermatológicas e oftálmicas. A tabela 16 contém o desdobramento dos registros da tabela 15, indica o tempo de permanência de internações em hospitais da população não economicamente ativa.

**Tabela 15** Média de Permanência de Internações Hospitalares

## Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Rio de Janeiro

Faixa Etária em anos de vida: 1 a 4, 5 a 9, 10 a 14, 15 a 19, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79, 80 anos e mais

Período:Mar/2010-Abr/2011

Município Anos	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais
Rio de Janeiro	7,6	5,2	7,2	8,6	12,6	14,4	16,3	14,3
Total	7,6	5,2	7,2	8,6	12,6	14,4	16,3	14,3

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

A população não economicamente ativa, residentes fixos, tem maior probabilidade de permanecer nos bairros, em razão de serem idosos, crianças e adolescentes até a maioridade. Justifica-se a escolha por serem esses os que podem e devem receber maior impacto da poluição que atinge os bairros em que residem, ao considerar todas as faixas etárias da população. Como se verá adiante nas tabelas a seguir, tem-se outra informação com indicadores sociais que abrangem não só a população fixa, conforme explicitado, mas também a população economicamente ativa, que circula por outros bairros em razão de seus locais de trabalho. Portanto a origem das enfermidades que surgem dentre esta faixa etária da população, pode não ser somente em função da poluição existente no bairro de sua moradia.

**Tabela 16** Número de Internações Hospitalares p/ Faixa Etária

## Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Rio de Janeiro

## Capítulo CID-10: X. Doenças do aparelho respiratório.

Faixa Etária em anos de vida: 1 a 4, 5 a 9, 10 a 14, 15 a 19, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79, 80 anos e mais

Período:Mar/2010-Abr/2011

Município Anos	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais	total
Rio de Janeiro	3152	1114	569	316	1198	1416	1632	1622	11019
Total	3152	1114	569	316	1198	1416	1632	1622	11019

Fonte:Ministério da Saúde -(Sistema de Informações Hospitalares do SUS-SIH/SUS)

A diferenciação entre população economicamente ativa e a população não economicamente

ativa se dá em razão da flutuação pelo bairro onde mora a população economicamente ativa, já que essa faixa da população, em tese, deve permanecer fora do bairro durante sua jornada de trabalho.

As tabelas apresentam números diferenciados para os respectivos indicadores de número de internações, a média de permanência dessas internações, os gastos hospitalares e o respectivo custo da doença.

A tabela 18 trás o número de internações para todas as faixas etárias. Inclui tanto a PEA como a PNEA. Há um aumento de 11.019 internações de indivíduos da população não economicamente ativa (tabela 17), para 16.659 indivíduos internados (tabela 18) ao incluir a população economicamente ativa significa. São 51,18 % a mais de indivíduos a sofrer de doenças do aparelho respiratório e que demandam internações.

### **Tabela 17** Número de Internações Todas as Faixas Etárias

#### Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Rio de Janeiro

Capítulo CID-10: X. Doenças do aparelho respiratório

Faixa Etária: Menor 1 ano, 1 a 4 anos, 5 a 9 anos, 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, 35 a 39 anos, 40 a 44 anos, 45 a 49 anos, 50 a 54 anos, 55 a 59 anos, 60 a 64 anos, 65 a 69 anos, 70 a 74 anos, 75 a 79 anos, 80 anos e mais.

Período : Mar/2010 – Abr/2011

Município	Internações
Rio de Janeiro	16659
Total	16659

Fonte: Ministério da Saúde -(Sistema de Informações Hospitalares do SUS-SIH/SUS)

Em contrapartida ao aumento da demanda por internações quando se inclui a PEA tem-se o decréscimo do registro da média de dias de permanência das internações que decresce de 14,3 dias em média (tabela 16) na PNEA, para 10,3 dias, em média, ao incluir a PEA (tabela 19).

**Tabela 18** Média de Permanência de Todas as Faixas Etárias.

Média de permanência por Município – Rio de Janeiro (Nº dias)  
Capítulo CID- 10: X. Doenças do aparelho respiratório

Faixa Etária: Menor 1 ano, 1 a 4 anos, 5 a 9 anos, 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, 35 a 39 anos, 40 a 44 anos, 45 a 49 anos, 50 a 54 anos, 55 a 59 anos, 60 a 64 anos, 65 a 69 anos, 70 a 74 anos, 75 a 79 anos, 80 anos e mais.

Período : Mar/2010 – Abr/2011

Município	Internações - (Média Permanência todas as fxs. etárias)
Rio de Janeiro	10,3
Total	10,3

Fonte: Ministério da Saúde -(Sistema de Informações Hospitalares do SUS-SIH/SUS)

Em relação ao valor médio das internações hospitalares, verifica-se na tabela 20 o valor dessas se situa em R\$1.031,29 nas faixas que incluem a PNEA. E sofre um decréscimo, quando da inclusão de todas as faixas etárias como a PEA. O declínio de 3,38%, no valor médio das internações, representado pelo valor de R\$ 996,39, na tabela 21, demonstra que apesar de crescer 51,18% (tabela 18) o quantitativo de indivíduos internados, a duração do tempo de internação hospitalar decresce (tabela 19), como também o valor médio gasto com essas (tabela 21), ou seja, a participação de indivíduos da PEA atenua os custos hospitalares e influi diretamente nos custos sociais e nos gastos das famílias.

**Tabela 19** Valor Médio das Internações Hospitalares no Município. Residentes Fixos. (R\$ 1,00)

Capítulo CID – 10: X . Doenças do aparelho respiratório.

Faixa Etária em anos de vida: 1 a 4, 5 a 9, 10 a 14, 15 a 19, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79, 80 anos e mais

Período: Mar/2010-Abr/2011

Anos Município	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 e mais	Total
Rio de Janeiro	854,17	668,51	733,35	837,74	1063,15	1286,36	1361,57	1178,01	1031,29
Total	854,17	668,51	733,35	837,74	1063,15	1286,36	1361,57	1178,01	1031,29

Fonte : Ministério da saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS ( SIH/SUS )

Os valores na tabela 20 são crescentes a partir da faixa entre 5 e 9 anos e assim se mantêm até a faixa entre 70 e 79 anos, a partir dessa faixa , com o aumento dos registros de óbitos devido a idade avançada e aos recursos escassos na renda familiar, o valor médio por internação

decrece e diminui o valor da média . Todavia, o valor médio de R\$1.031,29 (Hum mil e trinta e um reais e vinte e nove centavos), cai mais ainda quando as faixas etárias compreendidas entre 20 e 49 anos de idade participam, o valor médio decrece para R\$996,39 (novecentos e noventa e seis reais e trinta e nove centavos), pois se estará a considerar o universo com todas as faixas etárias.

**Tabela 20** Valor Médio das Internações Hospitalares no Município.

Todas as faixas etárias

Município: Rio de Janeiro

Região Metropolitana: Rio de Janeiro

Capítulo CID-10: X. Doenças do aparelho respiratório

Faixa Etária: Menor 1 ano, 1 a 4 anos, 5 a 9 anos, 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, 35 a 39 anos, 40 a 44 anos, 45 a 49 anos, 50 a 54 anos, 55 a 59 anos, 60 a 64 anos, 65 a 69 anos, 70 a 74 anos, 75 a 79 anos, 80 anos e mais.

Período : Mar/2010 – Abr/2011

Município	Valor Médio de Internação
Rio de Janeiro	R\$ 996,39
Total	R\$ 996,39

Fonte : Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS )

Se obtém o custo da doença na população economicamente não ativa (PNEA) ao apurar o valor total gasto pelo Município com doenças respiratórias para a PNEA conforme tabela 22.

**Tabela 21** Valor Total dos Gastos com Doenças Respiratórias (PNEA)

Faixa etária exclusiva de residentes fixos.

Município: Rio de Janeiro

Capítulo CID-10: X. Doenças do aparelho respiratório

Faixa Etária em anos de vida: 1 a 4, 5 a 9, 10 a 14, 15 a 19, 50 a 59, 60 a 69, 70 a 79, 80 anos e mais

Período: Mar/2010-Abr/2011

Município	Valor Total dos Gastos c/ doenças respiratórias
Rio de Janeiro	R\$ 11.531.385,11
Total	R\$ 11.531.385,11

Fonte : Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS

Apurado o valor do total de gastos com doenças respiratórias para PNEA é preciso conhecer os rendimentos médios mensais das famílias no município do Rio de Janeiro, o que é possível se conhecer através do levantamento realizado pelo IBGE para o período compreendido entre 2001 e 2009, tabela 23 a seguir.

**Tabela 22** Evolução do Valor dos Rendimentos Médios Mensal.

Unidade territorial: Rio de Janeiro – RJ / Unidade – R\$1,00

Período	Vr.Rendimento Mé. Mensal
2001	514
2002	548
2003	615
2004	664
2005	714
2006	816
2007	829
2008	936
2009	1019

Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Domicílios

Como apurado para a PNEA também se faz necessário conhecer os valores dos gastos incluindo a PEA, para doenças respiratórias no município do Rio de Janeiro. O que se verifica na tabela 24.

**Tabela 23** Valor Total dos Gastos com Doenças Respiratórias (PEA)

Faixa etária População economicamente ativa e população não economicamente ativa.

Município: Rio de Janeiro

Capítulo CID-10: X. Doenças do aparelho respiratório

Faixa Etária em anos de vida: 1 a 4,5 a 9,10 a 14,15 a 19,20 a 24, 25 a 29,30 a 34,35 a 39,40 a 44, 45 a 49, 50 a 54,55 a 59,60 a 64.65 a 69, 70 a 74, 75 a 79, 80 anos e mais

Período:Mar/2010-Abr/2011

Município	Valor Total dos Gastos c/ doenças respiratórias
Rio de Janeiro	R\$ 13.008.731,72
Total	R\$ 13.008.731,72

Fonte : Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS

Ao considerar as fórmulas apresentadas anteriormente para aplicação e avaliação da dimensão e influência da ausência de monitoramento do ar na saúde das pessoas, como ocorre em alguns bairros já citados como Olaria, Grajaú, Quintino, Engenho Novo, Lins dos Vasconcelos entre outros do município do Rio de Janeiro, dois procedimentos adotados são expostos a seguir, o primeiro com números para faixas etárias de residentes fixos, e o segundo, com todas as faixas etárias, para fins de resultados para ambos os cálculos.

#### **5.10.4** Apuração do Custo de Saúde Associado à Poluição Atmosférica exclusivo, Doenças Respiratórias para População Não Economicamente Ativa.

Aplica-se a fórmula do item 8.5.1 e os valores obtidos nas tabelas apresentadas.

$$D = T \times N^{\circ} I / \text{ano}$$

D) Cálculo do n° de dias perdidos de trabalho.

$$D = N^{\circ} \text{Int./ano} \times \text{Tempo Mé. Internação (dias)}$$

$$D = 11.019 \times 14,30 = 157.571,70 \text{ dias}$$

N° Internações / ano = Tabela n° 17;

Tempo médio internação (dias) = Tabela n° 16.

Apurado o número de dias perdidos de trabalho, utiliza-se o dado da tabela n°23 e multiplica-se pelo resultado de D para encontrar o valor dos salários dos dias de trabalho perdidos.

Y) Valor dos salários dos dias de trabalho perdidos devido à doença.

$$Y = \text{Valor médio rendimento} \times \text{Número de dias perdidos}$$

$$Y = R\$1.019,00 \times 157.571,70 \text{ dias} = R\$160.565.562,30$$

Valor médio dos rendimentos = Tabela n° 23;

Número de dias perdidos de trabalho = D.

O passo seguinte será o de encontrar os gastos relativos à morbidade hospitalar, que é possível com a utilização do dado da tabela n° 20 somado ao resultado encontrado em Y, apresentado a seguir.

W) Gastos de Morbidade Hospitalar.

Gastos Hospitalares Totais + Valor dos salários dos dias de Trabalho perdidos.

$$W = R\$11.531.835,00 + R\$160.565.562,30$$

$$W = R\$172.097.397,30$$

A = gastos hospitalares totais = Tabela nº 22;

Y = Valor dos salários dos dias de trabalho perdidos.

O valor obtido em W representa o gasto total com internação hospitalar no Município do Rio de Janeiro, para faixas etárias de residentes fixos, população não economicamente ativa, que compreende as faixas etárias a seguir:

1 a 4 anos, 5 a 9 anos, 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 50 a 59anos, 60 a 69 anos, 70 a 79 anos, 80 anos e mais

Para calcular o Custo da Doença causado pela poluição atmosférica, se utiliza o percentual de 21,21% obtido da Tabela “Existência de Problemas no Domicílio por Região”, elaborado em 2002 pelo IBGE, sobre o valor total do gasto com morbidade hospitalar:  $W=R\$172.097.397,30$  (cento e setenta e dois milhões, noventa e sete mil trezentos e noventa e sete reais e trinta centavos).

K) Custo da Doença:

$$K = R\$172.097.397,30 \times 21,21\% = R\$ 36.501.857,97$$

Gastos de morbidade hospitalar = W

% = extraído da tabela do IBGE que informa o % de domicílios com problemas de saúde por poluição atmosférica na região sudeste.

O Custo da Doença advindo de problemas em domicílios causados pela poluição atmosférica ou problemas ambientais causados pelo trânsito ou indústria, monta a R\$36.501.857,97 (Trinta e seis milhões quinhentos e um mil oitocentos e cinquenta e sete reais e noventa e sete centavos), para faixas etárias consideradas da População não economicamente ativa ( PNEA).

### **5.10.5 Apuração do Custo de Saúde Associado à Poluição Atmosférica com Doenças Respiratórias para População Economicamente Ativa.**

Utilizando-se os mesmos conceitos aplicados aos cálculos do custo da doença para população não economicamente ativa(PNEA), como as fórmulas e resultados das tabelas apresentadas, se obterá o valor do custo da doença para toda a população inclusive a população economicamente ativa (PEA).

D`)Cálculo do nº de dias perdidos de trabalho.

Nº Int./ano x Tempo Mé. Internação =

$$D' = 16.659 \times 10,3 = 171.587,7 \text{ dias}$$

Nº Internações / ano = Tabela nº 18;

Tempo médio de internação (dias) = Tabela nº 19.

Apurado o número de dias perdidos de trabalho (D`), utiliza-se o dado da tabela nº23 e multiplica-se pelo resultado de D` para encontrar o valor dos salários dos dias de trabalho perdidos.

Y`)Valor dos salários dos dias de trabalho perdidos devido à doença.

Y` = Valor médio rendimento x Número de dias perdidos

$$Y' = R\$1.019,00 \times 171.587,7 \text{ dias} = R\$174.847.866,30$$

Valor médio dos rendimentos = Tabela nº 23;

Número de dias perdidos de trabalho = D`.

O passo seguinte será o de encontrar os gastos relativos à morbidade hospitalar incluindo toda a população, que é possível com a utilização do dado da tabela nº 24 somado ao resultado encontrado em Y` apresentado a seguir.

W`)Gastos de Morbidade Hospitalar.

W` = Gastos Hospitalares Totais + Valor dos salários dos dias de

Trabalho perdidos = R\$13.008.731,72 + R\$174.847.866,30

$$W' = R\$187.856.598,00$$

A = gastos hospitalares totais = Tabela nº 24;

Y` = Valor dos salários dos dias de trabalho perdidos.

O valor obtido em  $W'$  representa o gasto total com internação hospitalar no Município do Rio de Janeiro, para todas as faixas etárias, entenda-se, população não economicamente ativa, somado a população economicamente ativa, que compreende as faixas etárias a seguir:

1 a 4 anos, 5 a 9 anos, 10 a 14 anos, 15 a 19 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, 35 a 39 anos, 40 a 44 anos, 45 a 49 anos, 50 a 59 anos, 60 a 69 anos, 70 a 79 anos, 80 anos e mais.

Para calcular o Custo da Doença causado pela poluição atmosférica, se utiliza o percentual de 21,21% obtido da Tabela “Existência de Problemas no Domicílio por Região”, elaborado em 2002 pelo IBGE, sobre o valor total do gasto com morbidade hospitalar  $W' = R\$187.856.598,00$  (cento e oitenta e sete milhões, oitocentos e cinquenta e seis mil, quinhentos e noventa e oito reais).

A fim de calcular o Custo da Doença causado pela poluição atmosférica, utiliza-se o percentual de 21,21% obtido da tabela “Existência de Problemas no Domicílio por Região”, elaborado em 2002 pelo IBGE, sobre o valor total de gastos hospitalares  $R\$187.856.598,00$

$D'$  ) Custo da Doença:

$$D' = R\$187.856.598,00 \times 21,21\% = R\$ 39.844.384,44$$

$W'$  = Gastos de Morbidade Hospitalar

% = extraído da tabela do IBGE que informa o % de domicílios com problemas de saúde por poluição atmosférica na região sudeste.

O Custo da Doença advindo de problemas em domicílios causados pela poluição atmosférica ou problemas ambientais causados pelo trânsito ou indústria, monta a  $R\$39.844.384,44$  (trinta e nove milhões oitocentos e quarenta e quatro mil e trezentos e quarenta e quatro reais e quarenta e quatro centavos), para todas as faixas etárias. Um incremento de 9,15% no custo da doença, quando considerado todas as faixas etárias da população do Município.

Tanto o custo para residentes fixos como o que inclui a população flutuante, se apresentam como relevantes na elaboração de políticas preventivas de doenças causadas pela poluição como nas políticas públicas de monitoramento do ar.

## 6 Alternativas de Monitoramento do Ar

A alternativa da implantação de um Laboratório de análises de biomonitoramento, tem custo de implantação bem inferior. Os resultados são constantes, e obtidos através da coleta de cascas de árvores analisadas em laboratório com a aplicação da metodologia de espectrometria de fluorescência de raios X, apresentam resultados da qualidade do ar a baixo custo, com pessoal e material, comparado com os custos de uma estação automática, conforme se demonstrará adiante. Adequar o baixo custo de implantação com a possibilidade de estender este procedimento a outras áreas do Município, e até do Estado, é um desafio a ser vencido para que se alcancem padrões de qualidade de vida mais avançados à população fluminense (FERREIRA, 2009).

Um dos primeiros estudos para medir os elementos traço nas cascas de árvores foi à determinação de chumbo originário das emissões veiculares. Em consequência da exposição por vários anos à poluição, as cascas de árvores podem fornecer informações precisas sobre as mudanças que ocorrem nas condições do ar de um ecossistema (FERREIRA, 2009).

“Schelle et al., (2001), utilizaram fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) para determinar Pb, Zn, Cu, Ni, Al, Sn, Fe, Cr, Mn, Ti, As, Cd, Sb, e Ag em cascas de árvores de áreas industriais, urbanas e rurais em diversas cidades do mundo, localizando e caracterizando regiões poluídas. Também Selin et al., (1993) abordaram a técnica de EDXRF na análise multielementar da cascas de árvores (FERREIRA, 2009).

A relação entre as principais substâncias consideradas como poluentes do ar e as respectivas fontes de emissão, seja estacionária ou veicular, demonstra a complexidade de compostos que estão presentes no dia a dia das cidades e a influência destes no comportamento e na dinâmica da sociedade, cujo sistema de produção se abastece basicamente de composto do petróleo.

Identificar as fontes poluidoras e a composição dos poluentes que atingem determinada região é primordial. E, para isto, a utilização de cascas de árvores como bioindicadores é uma das estratégias adequada a estudos sobre impacto ambiental em regiões sem rede convencional de monitoramento da poluição atmosférica.

Outra técnica possível é o exame foliar, tendo como base os componentes químicos identificados em folhas de “*trandescantia pallida*”, através da técnica de fluorescência de Raios X, o que minimiza o custo social para aferição dos índices de poluição e o inventário mais realístico dos índices de morbidade e mortalidade.

Apresentam-se alternativas de monitoramento do ar, no presente trabalho, concentradas em duas possibilidades. A primeira é a técnica de monitoramento automático ou manual, e a segunda a técnica de bioindicadores a serem comparadas por diversos aspectos como, custos, eficiência, informações coletadas, mobilidade e consistência, dentre outros fatores elencados.

### 6.1 Estação Automática de Monitoramento.

A implantação de uma estação automática de monitoramento que identifique os parâmetros ozônio, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, MP<sub>2,5</sub> (material particulado<sub>2,5</sub>), temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e dados meteorológicos, requerem a seguinte especificação:

Container metálico medindo aproximadamente 2000mm x 2000mm x 2000mm, com capacidade de carga interna para 1000kg; Uma porta em cada extremidade para acesso frontal e traseiro aos equipamentos. Sobre teto com inclinação para escoamento da água, acesso para manutenção e guarda-corpo; luminárias internas de 2 x 40w fluorescentes; quadro elétrico de distribuição com proteção por disjuntores, dois aparelhos de ar condicionado de 7500 BTU, com sistema eletrônico para comando de revezamento; sistema de aterramento de pára-raios para proteção dos equipamentos, da entrada de energia e da linha telefônica; alarmes de presença e de abertura de portas; no-break para o sistema de aquisição/transmissão de dados; estante tipo rack fixada no piso, com prateleiras deslizantes, e fixação específica para os analisadores de qualidade do ar fabricados pela empresa francesa Environment S.A.; local preparado no piso para fixação do mastro meteorológico desmontável e abertura no teto para passagem do mesmo, conforme sua posição de fixação.

O mastro equipado com sistema de entrada e secagem de amostra de ar, analisador de dióxido de ozônio modelo 0342M, analisador de óxidos de nitrogênio modelo AC32M, analisador de dióxido de enxofre modelo AF22M, analisador de monóxido de carbono modelo CO12M, analisador de particulados PM<sub>10</sub>, sensor de temperatura e umidade, sensores de direção e velocidade do vento, mastro meteorológico, sistema de aquisição e transmissão de dados.

Custo Unitário de implantação de uma estação de monitoramento automática equivale a R\$876.632,40 (oitocentos e setenta e seis mil seiscentos e trinta e dois reais e quarenta centavos). Sem considerar o custo de manutenção da estação, que requer um técnico com nível de especialização em sistemas e hardware, e sem considerar o custo de depreciação do equipamento. Fonte:..INEA,2011.

## 6.2 Procedimentos para Realização do Biomonitoramento

Em contrapartida para se estruturar um laboratório de análises de material composto por bioindicadores, é preciso dimensionar custos e área à estrutura abaixo relacionada.

### 6.2.1 Para Amostras de Cascas de Árvores

Segundo FERREIRA (2009) o procedimento para amostras de cascas de árvores ocorre conforme o rito descrito a seguir: A coleta de cascas retiradas dos troncos das árvores é feita com um instrumento cortante e bem afiado, como um canivete ou faca, e guardado em saco de papel. Em seguida, são removidos excessos e poeiras, com uma escova de dente (as amostras não são lavadas para não haver perda do material de interesse, que foi absorvido nas cascas).

Para análise, a parte superficial externa das cascas (cerca de 3mm) é removida com o uso de um ralador de titânio (99% de pureza para não haver contaminação). O material obtido é depurado com uma peneira com telas de 0,2mm de abertura, de modo a obter a casca na forma de pó. Uma massa formada por 0,5g a 0,6g da amostra e de 2,5g de ácido bórico ( $H_3BO_3$  p.a) é colocada em um cilindro e prensada por 60 segundos em uma prensa de 4 toneladas de força, para obter pastilhas de dupla camada (amostra de casca e ácido bórico) com 20mm de diâmetro. As pastilhas preparadas são guardadas em um dissecador contendo sílica e posteriormente são analisadas pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF).

Identificar as fontes poluidoras e a composição dos poluentes que atingem determinada região é primordial e, para isto, a utilização de cascas de árvores como bioindicadores é uma das estratégias adequada a estudos sobre impacto ambiental em regiões sem rede convencional de monitoramento da poluição atmosférica.

### 6.2.2 Para Amostras de Material Particulado

Segundo FERREIRA (2009), as amostras de  $PM_{2,5}$  são coletadas em filtros de policarbonato com 0,8  $\mu m$  de porosidade e 37mm de diâmetro (*Isopore Membrane Filters Policarbonato, Millipore, E.U.A*) utilizando impactador Harvard (bomba de sucção do ar e coletor) - (*Air diagnostics, Harrison, ME*), programado para operar com uma vazão de  $10L\ min^{-1}$  durante um período de 24h. Os filtros de policarbonato são secos durante 24h em estufa a  $50^\circ C$ , antes e

após a exposição, e depois são pesados em balança analítica (também antes e após a exposição) para determinação da massa coletada e cálculo da concentração de  $PM_{2,5}$  no ar .

### 6.2.3 Para Amostras de *Trandescantia Pallida*

Tendo como base os componentes químicos identificados em folhas de *trandescantia pallida* (nome pop. Coração-roxo), através da técnica de fluorescência de Raios X (FRX), permite a análise qualitativa e quantitativa da composição química de vários tipos de amostras, já que tem grande importância na análise multi-elementar de amostras oriundas de sistemas biológicos (MIRANDA, 2008).

As amostras (folhas) são lavadas com água destilada e deionizada para evitar a presença de insetos e outros detritos. Em seguida levadas à estufa para desidratação à temperatura de 50 °C. Após desidratada, as amostras são trituradas em almofariz de ágata homogeneizada e seca por mais 24 horas. Forma-se uma pastilha através da prensagem de 0,5g ou 0,6g do material produzido com 1g de ácido bórico durante 60 segundos à pressão de 20mpA (milipascal) ou 1 tonelada. A pastilha produzida tem cerca de 20mm de diâmetro com uma dupla camada (amostra foliar e ácido bórico) sendo colocada para análise pela fluorescência de raios X (FRX).

A utilização de técnicas de biomonitoramento, acima descritas, possibilitam a minimização do custo social, quando da utilização de medidas mitigadoras dos índices de morbidade e mortalidade. O custo da espécie *Trandescatia Pallida* é muito baixo, pois as mudas são desenvolvidas em canteiros plantados em uma mistura padrão de terra vegetal, húmus e outros ingredientes, cultivados em local afastado de fontes poluidoras. Posteriormente encaminhadas aos pontos de exposição para plantio das mudas no local adequado a coleta de dados, observando a altura entre 1,20m e 1,50m do solo para melhor resultado da análise que será feita sobre a amostra futuramente coletada.



Figura 2 – *Trandescantia Pallida*

Com a implantação dessa espécie em regiões que ainda não existam, ou que sejam desprovidas de árvores adequadas para absorver emissões poluentes no ar, a expectativa é que dessa forma se supria a carência de se obter material para análise que irá fomentar as análises de biomonitoramento e que resultarão na futura formação da série histórica de composição do ar em cada bairro.

Em contrapartida os gastos médicos relacionados ao tratamento de doenças provocadas pela poluição atmosférica, os dias de trabalho perdidos resultantes de enfermidades, os gastos e a propensão a gastar para evitar e prevenir atividades associadas com tentativas de mitigar a doença e os gastos particulares das famílias ou indivíduos tendem a diminuir, a partir da identificação das causas da poluição sua composição e incidência. O conhecimento da composição das amostras coletadas requer um laboratório preparado para efetuar a análise dos componentes e recepcionar as amostras coletadas.

### 6.3 Custos de Estruturação do Laboratório de biomonitoramento

Para realizar as coletas e respectivas análises dos bioindicadores, há necessidade de laboratório equipado com instrumentos, que servem para analisar inúmeras amostras originadas de diversos locais coletados, como também um grande número de amostras de cada um desses locais, e a possibilidade de o mesmo equipamento servir a metodologia de amostras de bioindicadores diferentes, ou seja, tanto pode servir para cascas de árvores, como para amostras de *trandescantia pallida*. De forma a atender a avaliação da composição do material coletado, inclusive para guarda e futuras análises comparativas se necessário. Um laboratório que atenda a essa demanda tem seu custo de implantação compreendendo material de consumo, material permanente, equipamento, veículo de transporte e instalações, orçado

em R\$200.000,00 (Duzentos mil reais) e a manutenção e calibragem de seus equipamentos é menos complexo que o requerido por estações automáticas. A tabela 10 lista a discriminação dos materiais necessários à coleta de bioindicadores:

**Tabela 24** Discriminação de Componentes do Laboratório de Biomonitoramento.

<u>Casca de Árvores</u>	<u><i>Trandescantis Pallida</i></u>
Canivete	Canivete
Escova de dentes	Escova de dentes
Ralador de Titânio	Água destilada
Peneira de telas 0,2mm	Estufa de desidratação
Ácido Bórico	Ácido Bórico
Cilindro/prensa 4 ton.força	Prensa de 1 ton.força
Dissecador (sílica)	Almofariz de Ágata
Espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de energia ( EDXRF)	Espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de energia ( EDXRF)

Dentre os componentes descritos na Tabela 10 destacam-se como os mais onerosos: Cilindro / prensa 4 ton.força; estufa de desidratação, Espectrômetro de fluorescência de raios X. (EDXRF). Há que se considerar, que além destes equipamentos, material permanente, material de consumo e mão de obra citados, como em qualquer outra atividade de monitoramento, a logística para execução das coletas e análise, demandam uma pequena estrutura de acondicionamento das amostras, desde a coleta até a chegada ao laboratório. Ou seja, uma viatura que viabilize o deslocamento do coletor de sua base no laboratório até os pontos de coleta, a fim de dar agilidade e segurança ao processo. Por outro lado tem a vantagem que essa pequena estrutura pode ser utilizada para diversos bairros distintos, que complementem a rede de monitoramento do ar no Município do Rio de Janeiro.

Na comparação entre a rede automática e a de biomonitoramento, há uma perda na qualidade dos dados, a partir do momento que a rede automática fornece para cada parâmetro analisado seu volume de emissão de hora em hora, enquanto que o biomonitoramento deixa de ter a precisão de informar em cada momento de um dia os volumes emitidos por parâmetros. Todavia, apresenta o comportamento dos parâmetros manifestados nas cascas de árvores ou em folhas de *trandescantia pallida* acumulados em determinado período de tempo naquele corpo receptor. Se por um lado há perda da precisão da informação, por outro há o ganho da informação acumulada periodicamente, em diversos bairros não atendidos pela rede de monitoramento. O que permitirá o aprofundamento de estudos epidemiológicos, para melhoria da qualidade de vida destas comunidades. A figura 3 apresenta equipamento EDX

700HS, Shimadzu, Corporation Instrumentos Analíticos Divisão Kyoto, Japão, utilizado nas análises de cascas de árvores e também para análise foliar de *Trandescantia Pallida*, já utilizada em trabalhos desenvolvidos pelo laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LAPAE), da faculdade de Medicina da USP.



Figura 3. Foto equipamento de EDXRF utilizado no laboratório de biomonitoramento.

### Quadro 3 Configuração e Preço dos Equipamentos

Código	ESPECIFICAÇÃO	QUANT.
212-21733-02	Espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva, modelo EDX-720 com cabo SCSI Faixa de análise: Na – U, inclusos câmara CCD,colimadores de 1, 3, 5 e 10 mm e motor acionador de carrossel. Tamanho de amostras: máx. 300 mm(Ø) x 150 mm(A).	1
088-50937-01	Placa SCSI.	1
200-45102-11	Transformador B-15, monofásico 220 V – 100 V.	1
212-22460 01	Unidade de Vácuo com bomba.	1
212-22665-91	Carrossel p/ 16 posições,amostras sólidas até 32mm de Ø	1
219-85000-55	Porta amostra de uso geral sem tampa (100 unidades).	1
202-86501-56	Filme de Mylar (500 unidades).	1
219-82019-05	Filme de polipropileno (rolo com 92m).	1
	Computador e impressora	1
	TOTAL – FOB/ FCA JAPÃO	USD 73,500

Fonte: Shimadzu do Brasil Comércio Ltda.(gerencia comercial) – Fev/2012

O valor correspondente em moeda brasileira para a cotação obtida junto ao fornecedor corresponde a R\$132.300,00 com o Cambio do dólar cotado a R\$1,80 ( um real e oitenta para cada dólar).Complementam o valor Orçado de R\$200.000,00 , os itens descritos nos quadros a seguir:

**Quadro 4** Composição Orçamentária dos Custos de Implantação do Laboratório

Classificação orçamentária	Especificação	UNID.	Capacd	Duração dias	Custo Unit.mat. R\$ 1,00	Custo total R\$ 1,00
Material de Consumo	Ácido Bórico	Kg	1	25	30	30
	Nitrogênio	Cilindro	25lit	25	200	200
	Água Destilada	l	1	1	3	75
	Escova de Dentes	unid	1	1	3	75
	Outros	Divers			Reserva	1200
Valor R\$1.580,00	Sub-total					1580
Material Permanente	<b>Laboratório</b>	Unid.	Quant.	Duração	Custo Unit.mat. R\$ 1,00	Custo total R\$ 1,00
	Canivete	unid	5	indet	15	75
	Ralador de titânio	unid	5	indet	25	125
	Peneira telas 0,2mm	unid	5	indet	20	100
	Prensa 1 ton.	unid	1	indet	250	250
	Prensa 4 ton.	unid	1	indet	350	350
	Almofariz de ágata	unid	1	indet	180	180
	Pinças	unid	10	indet	40	400
	Espátulas	unid	10	indet	20	200
	Outros	Divers		indet	Reserva	1200
Valor R\$2.880,00	Sub-total					2880
Material Permanente	<b>Mobiliário</b>	Unid.	Quant.	Duração	Custo Unit.mat. R\$ 1,00	Custo total R\$ 1,00
	Mesas	unid	4	indet	350	1400
	Cadeiras	unid	12	indet	120	1440
	Estantes	unid	4	indet	160	640
	Outros	Divers		indet	Reserva	2000
Valor R\$5.480,00	Sub-total					5480
EquipamentosAcessórios	<b>Laboratório</b>	Unid.	Quant.	Duração	Custo Unit.mat. R\$ 1,00	Custo total R\$ 1,00
	Geladeiras	unid	1	indet	1200	1200
	Freezer	unid	1	indet	1100	1100
	Outros	Divers		indet	Reserva	2000
Valor R\$4.300,00	Sub-total					4300
Transporte	Viatura	Unid.	Quant.	Duração	Custo Unit.mat. R\$ 1,00	Custo total R\$ 1,00
	Modelo sedan	Unid	1	5anos	25000	25000
Valor R\$25.000,00	Sub-total					25000
Valor R\$39.240,00	Total					39240

Fonte: Imp.Tools Club Com.de Ferramentas e utilidades Ltda. Palácio da Ferramenta , Máquinas Ltda. Sovereign Brasil Ltda.-Jan/2012.

Para o plantio de mudas e canteiros foi orçado a composição dos insumos necessários e respectivos custos.

**Quadro 5 Orçamento para Plantio de Mudas Foliaves e Arbóreas**

Plantio de Canteiros:					
Espécie -Tradescantia Pallida:					
Etapas	Unidade	Quantid	Custo	Quantid.	Custo Tot.
I - Preparo do solo, fornecimento e plantio de mudas;	Muda/m <sup>2</sup>	25	15,75/ m <sup>2</sup>	12/ m <sup>2</sup>	157,50
II - Insumos necessários:					
adubo orgânico	L	10			
condicionador de solo	Kg	0,5			
farinha de osso	Kg	0,2			
NPK	Kg	0,05			
			25,00	1	25,00
III -Mão de Obra	H/hora	1	3,80	2	7,60
OBS:					
1 H prepara e planta aproximadamente 50m <sup>2</sup> /dia					
			Sub - total		190,10
Plantio de árvores:					
OITI ou outras espécies:					
Etapas	Unidade	Quantid	Custo	Quantid.	Custo Tot.
I - Marcação/abertura e preparo da cova / fornec <sup>o</sup> , plantio, manu - tenção mensal.	Muda	Unid	250,00	7	1750,00
II - Insumos necessários:					
adubo orgânico	l	20			
condicionador de solo	Kg	2			
farinha de osso	Kg	0,3			
NPK 200-00-20	Kg	0,15			
			50,00	7	350,00
III - Mão de Obra	H/hora	1	3,80	5	19,00
OBS:					
1H prepara e planta aproximadamente 7 mudas/dia.					
			Sub - total		2119,00
			Total /dia		2309,10
Valor da Mão de Obra/dia = mês	H/hora	1	3,80	220	R\$ 836,00

Fonte : Biovert Ltda. – Fev/2012

Os itens acima relacionados são aplicados no plantio de mudas foliaves para canteiros e árvores na busca de neutralizar emissões em áreas sem cobertura vegetal suficiente para mitigar as emissões de poluentes à atmosfera.

Tanto a amostra foliar como as de cascas de árvores são utilizados como material de coleta para o laboratório de biomonitoramento, onde se submetem ao processo de análise.

O valor total para execução de um laboratório de biomonitoramento será composto conforme o quadro 6 que demonstra o orçamento global para implantação do laboratório.

**Quadro 6 Orçamento Global para Implantação do Laboratório**

Especificação	Valor R\$1,00
Equipamento EDXRF custo	132.300,00
MAt.Permanente (laboratório)	2.880,00
MAt. Permanente ( mobiliário)	5.480,00
Equipamentos (acessórios )	4.300,00
Viatura	25.000,00
Mudas (canteiros/dia)	190,10
Mudas (árvores/dia )	2.309,00
Sub-total	174.046,70
Reserva técnica	25.953,30
Total	200.000,00

OBS: Reserva técnica é a disponibilidade de recursos para cobrir os custos iniciais de manutenção do laboratório Fonte Biovert. 2012

Em comparação com os custos de implantação de uma estação de monitoramento automática, há uma grande diferença de valores, essa tem o valor de R\$1.000.000,00 o custo do laboratório é de R\$200.000,00 . Há que se considerar além da variável custo, a variável tempo para atender a sociedade quanto as aferições de qualidade do ar no bairro, pois enquanto uma estação de monitoramento automática necessita de três anos em um mesmo bairro para aferir o grau de poluição ali existente, as análises de diversos outros bairros podem ser realizadas semanalmente no laboratório, construindo uma série histórica de acordo com a capacidade de análise do equipamento e de infra-estrutura do laboratório construído.

## **7 Conclusões**

Quando ocorre omissão específica do Estado, ele deixa de atuar, e cria situação propícia para a ocorrência do fato, na qual tinha o dever de agir para impedi-lo.

A regra é a responsabilidade objetiva do Estado, fundada na *teoria do risco administrativo*.

Sempre que o dano for causado por agentes do Estado, e que haja direta relação de causa e efeito entre a atividade administrativa e o dano, ocorre à responsabilidade objetiva do Estado.

É o que se impõe quando da ausência de monitoramento do ar em todos os bairros do Município, diante da lei 8.723 de 1993, em que a ausência do Estado no monitoramento do ar contraria o texto da lei e conseqüentemente se mostra em desacordo com o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores – PROCONVE. O que demonstra uma falha de mercado, já que não há atores que supram a ausência do Estado e nem este atua de forma a suprir esta necessidade.

Cabe, portanto, aos gestores públicos, através de políticas públicas adequadas, interagir e restabelecer padrões adequados da qualidade do ar em consonância com os limites estabelecidos nos incisos do art. 2º da lei 8723. Isto, não acontecendo, caracteriza a omissão do Estado em seu dever de agir, e habilita o cidadão a requerer o reparo pelo dano sofrido.

O princípio adotado no presente trabalho, voltado para a implantação do biomonitoramento em complemento à rede de monitoramento do ar, existente no Município do Rio de Janeiro, visa subsidiar decisões administrativas quanto aos investimentos públicos para atender a legislação, especificamente a lei 8723 de 1993, art.15, que demanda aos gestores públicos de órgãos ambientais governamentais, federal, estadual, e municipal, a implantação de redes de monitoramento do ar e a fixação de diretrizes e programas para o seu controle, especialmente em centros urbanos com população acima de 500.000 habitantes.

No que se estima o custo de implantação dessas redes, principalmente com estações automáticas, entorno de aproximadamente R\$1.000.000,00 em valores atuais, verifica-se ser extremamente elevado, se implantado uma estação por bairro, já que há necessidade, mínima, de três anos, para construir uma série histórica confiável de informações da composição do ar monitorado.

Em contrapartida, o biomonitoramento, fornece indicadores com precisão a um custo bem inferior, isto é, o custo de implantação de um laboratório de biomonitoramento é de aproximadamente R\$200.000,00 (Duzentos mil reais), e sua eficiência é potencializada por atender diversos bairros com um só laboratório e armazenar resultados das amostras e amostras por longo período.

Os resultados obtidos compõem a série histórica que facilita a implantação de políticas e ações mitigadoras da poluição do ar.

Por outra via, não menos benéfica, a aferição da qualidade de vida das populações destas localidades, ainda, não assistidas, pelo controle de qualidade do ar, demanda a implantação de estudos epidemiológicos, com o objetivo de identificar as enfermidades mais graves causadas pela ausência de políticas públicas de controle da poluição veicular nestas localidades.

A população não economicamente ativa, ou seja, crianças, jovens e idosos, que menos se deslocam de suas residências e seus arredores, são os que mais sofrem quando há um alto grau de poluição na localidade.

Os primeiros pela vulnerabilidade de seus organismos, ainda em formação, e mais suscetíveis a contrair infecções originárias de poluentes existentes no ar. Os idosos, em consequência do desgaste natural de seus organismos e a fragilidade de reação, com baixa imunidade, para resistir a vírus e bactérias, provenientes de atmosferas e ambientes poluídos.

Na presente abordagem, os indicadores de custo da doença, consideraram, somente, enfermidades respiratórias, isto como centro do problema, causado pela poluição do ar. Todavia estudos desenvolvidos pela comunidade médica, publicado no jornal de pediatria, vol. 87, nº 4 de 2011, apresentam, outras enfermidades como as cardiovasculares, oftalmológicas, e dermatológicas, também são motivadas pela poluição do ar.

A adoção de políticas públicas que considerem a obtenção de recursos, de fontes já existentes, como DEPVAT, pago pelos proprietários de veículos anualmente, e alocados às empresas de seguro para cobrir riscos provocados por acidentes de trânsito, teria uma aplicabilidade social, significativa, se atendessem com parte do recurso arrecadado investimentos em pesquisas epidemiológicas para o conhecimento das doenças causadas pela poluição veicular. E, em contrapartida, haveria diminuição futura com custos hospitalares e ambulatoriais, originados de enfermidades, cuja origem é a poluição veicular. Tão relevante quanto, seria a diminuição com os custos de afastamento do trabalho, arcados pelas empresas nos primeiros quinze dias de afastamento, e posteriormente pelo INSS, quando o empregado se afasta do trabalho devido a doenças causadas pela poluição do ar.

Sendo o investimento originário de pequena parcela arrecadada do DEPVAT, já seria este de grande significância para a melhoria de qualidade de vida da população, se além de estudos epidemiológicos, parte fosse investida em aparelhamento de postos de saúde e hospitais, para atendimento de doenças provocadas pela poluição do ar. E ainda a expansão e implantação de laboratórios de biomonitoramento, capacitados para realizar as análises das amostras coletadas.

Já que, há que se considerar, o maior volume de veículos a transitar pelas ruas, avenidas e rodovias do Município, que aumenta significativamente a cada ano, em áreas pouco assistidas com transporte público eficiente que atenda a população.

## 8 Referências Bibliográficas

Constituição da República Federativa do Brasil. Editora Saraiva, 1988.

Novo Código Civil Brasileiro. Editora Revista dos Tribunais, 2003.

Código de Proteção e Defesa do Consumidor, Editora Saraiva, 12ª edição , 2000.

Almeida, Josimar Ribeiro. Política e Planejamento Ambiental. Thex Editora – 2008.

Almeida, Josimar Ribeiro. Normalização, Certificação, e Auditoria ambiental. Thex Editora – 2008.

Almeida, Josimar Ribeiro. Gestão Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável . Thex Editora – 2009. 2ª reimpressão.

Amin, Samir. O desenvolvimento desigual. Forense Universitária, 1973.

Andry, Scerri; accepted 9th sept.2009, Accounting for sustainability.  
[WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm).

Araújo, Aloísio Barbosa e Abreu, Marcelo Paiva. O Meio Ambiente: Alguns Aspectos.  
Revista IPEA , vol 6 , nº 3, Dezembro 1976.

A.B.M.Abdullah; David Mitchell; Robert Pavur. An Overview of forecast models evaluation for monitoring air quality management in the State of Texas, USA. accepted 14<sup>th</sup> Sept.2008 -  
[www.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://www.emeraldinsight.com/1477-7835.htm).

Barroso, Luís Roberto. O Controle de Constitucionalidade no Direito Brasileiro. Editora Saraiva - 2008. 3ª edição.

Borba, Claudio. Direito Tributário. Editora Impetus, 2003. 13ª edição.

Câmara, Alexandre de Freitas. Lições de Direito Processual Civil – VolII, II e III. Editora Lúmen & Júris, 2004. 11ª edição.

Cánepa, Eugenio Miguel. Economia da Poluição. Economia do Meio Ambiente. Elsevier editora Ltda, 2003.

Crisholm, Anne. Ecologia - Uma estratégia para Sobrevivência. Zahar Editores, 1974.

Cardoso, Fernando Henrique. Empresário Industrial e Desenvolvimento Econômico no Brasil. Difusão Européia do Livro, 1972.

Carvalho, Daniela Salgado e Fidélis, Teresa. Confronting environmental perceptions of local populations and local authorities. University of Aveiro, Aveiro Portugal; Accepted 2nd May 2009.

Cavaliere Filho, Sérgio. Programa de Responsabilidade Civil. Editora Atlas, 7ª Edição , 2007.

Durkheim, Èmile. De La Division Du Travail Social. De La Division Du Travail Social. data (não informado).

Ferreira, Angélica Baganha. Avaliação do Risco humano a poluentes atmosféricos por meio do biomonitoramento passivo: um estudo de caso em São Mateus do Sul – Paraná. Tese de doutorado – SP; Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2009.

Gama, Hélio Zaghetto. Curso de Direito do Consumidor. Editora Forense, 2006. 3ª edição.

Furtado, Celso. Formação Econômica do Brasil. Companhia Editora Nacional, 1971. 11ª edição.

Guimarães, Claudinei de Souza. Formação de Ozônio e Reatividade dos Compostos Orgânicos Voláteis Emitidos por Aeronaves. Tese de Mestrado. Departamento de Físico-Química – Instituto de Química \_ UFRJ, Junho 2005.

Guimarães, Luis Paulo Cotrim. Direito Civil. Elsevier editora Ltda, 2007.

Harvey, J. Modern Economics – An introduction for Business and Professional Students. The Macmillan Press Ltd, 1976.

Jie, HE. Industrialisation, environmental et santé: les impacts de l'émission industrielle de SO<sub>2</sub> sur la Santé publique en Chine. – XXVI èmes journées des Economistes Français de la Santé. Clermont – Ferrand , 9 – 10 , Jan 2003.

J.A.Sonibare – F.M.Adebiyi – E.O.ObaniJesu- O.A.Okelana. Air quality index pattern around petroleum production facilities. accepted 14<sup>th</sup> sept.2009- [www.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://www.emeraldinsight.com/1477-7835.htm).

Jr, Humberto Theodoro. Curso de Direito Processual Civil. Vol I. Editora Forense, 2007. 17<sup>a</sup> edição.

Jr, Luiz Emygdio F. da Rosa. Manual de Direito Financeiro& Direito Tributário. Editora Renovar, 2006. 19<sup>a</sup> edição.

JR Philippi, Arlindo; Roméro, Marcelo de Andrade; Bruna, Gilda Collet. Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004.

Jornal de Pediatria – vol. 87, N° 4, 2011.

Jornal Brasileiro de Pneumologia – vol.32,Sup.12 São Paulo, Maio, 2006

Levine, David; Stephan, David F.;Krehbiel, Timothy C.; Berenson, Mark L. Estatística – Teoria e Aplicações . Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2008 5<sup>a</sup> edição

Leite, Antonio Dias. A Economia Brasileira. Elsevier Editora Ltda., 2004.

Leite, Rogério Cerqueira. Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável. Livraria Duas Cidades, 1978.

L.Filleul; A.Zeghnoun, C, Declercq; C.Le Goaster, A. LeTertre, D.Eilstein, S. Medina, P.Saviuc, H. Prouvost, S.Cassadou, L.Pascal, P.Quénel. Relations à court terme entre La pollution atmosphérique urbaine et la mortalité respiratoire: la place des etudes temporales.

Institut de Veille Sanitaire ET Observatoire Regional de La Santé Nord Pás - de Calais; Paris, 03/02/2001.

Lustosa, Maria Cecília Junqueira. Política Ambiental. Economia do Meio Ambiente. Elsevier editora Ltda, 2003.

Lustosa, Maria Cecília Junqueira. Industrialização, Meio Ambiente, Inovação e Competitividade. Economia do Meio Ambiente. Elsevier editora Ltda, 2003.

Malan, Pedro; Bonelli, Regis; Abreu, Marcelo de Paiva; Pereira, José Eduardo de C. Política Econômica Externa e Industrialização no Brasil( 1939/ 1952). IPEA Coleção relatórios de Pesquisa nº 36, 1977.

Medauar, Odete. Coletânea de Legislação Ambiental. Editora Revista dos Tribunais, 2007. 6ª edição.

Miranda, Dione da Conceição. Prevalência da asma e sintomas respiratórios no Município de Vitória (ES): comparação entre duas áreas com diferentes fontes de poluição atmosférica identificadas através do biomonitoramento. Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Ano 2008.

M. EL Fadel and M . Zein; I. Nuwayhid; D.Jamali; S.Sadek. Environmental management of ozone in Beirut Urban areas. American University of Beirut, Lebanon; [WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm).

Mohapatra, Geetilaxmi and A.K.Giri. Economic development and environmental quality, an econometric Study in Índia. Birla Institute of Technology and Science(BITS), Pilani, India. Accepted , 23<sup>th</sup> october 2008- [WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm)

Moraes, Alexandre de. Direito Constitucional. Editora Atlas , 2005.

Motta, Ronaldo Serôa. Economia Ambiental. Editora FGV, 2009. 4ª Impressão.

Motta, Ronaldo Serôa. Ortiz, Ramon Arigoni; Ferreira, Sandro de Freitas. Avaliação Econômica dos Impactos causados pela Poluição Atmosférica na Saúde Humana: Um Estudo de Caso para São Paulo. CETESB – Programa Integrado de Transporte Urbano de São Paulo (PITU ), 1998.

Munguía, Nora; Zavala, Andrea and Marin, Amina and Velazquez,Luis; University of Sonora, Mexico Eraso, Moure Rafael. Identifying pollution prevention opportunities in the Mexican auto refinishing industry. ; University of Massachusetts, USA; accepted 29, October 2009; [WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm](http://WWW.emeraldinsight.com/1477-7835.htm).

Nerrière,Elena; Duboudin,Cédric. Impact Sanitaire de la pollution atmosphérique Urbaine – estimation de l`impact lié à l`exposition chronique aux particules fines sur l`espérance de vie. Agence Française de Sécurité Sanitaire Environmentale (afsse). 21/07/2005; <http://www.afsse.fr>.

Negrão, Theotônio e Gouvêa, José Roberto.F. Código Processo Civil e legislação complementar. Editora Saraiva, 2006.

Erik Nelson, Guillermo Mendoza, James Regetz, Stephen Polasky, Heather Tallis, D Richard Cameron, Kai MA Chan, Gretchen C Daily, Joshua Goldstein, Peter M Kareiva, Eric Lonsdorf, Robin Naidoo, Taylor H Ricketts, and M Rebecca Shaw. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity, conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Front Ecological Environment 2009; 7(1): 4–11, doi:10.1890/080023; [www.frontiersinecology.org](http://www.frontiersinecology.org).

Oliveira, Francisco de. A Economia da Dependência Imperfeita. Edições Graal, 1977.

Ortiz, Ramon Arigoni. Valoração Econômica Ambiental. Economia do Meio Ambiente. Elsevier editora Ltda, 2003.

Percebois, Jacques. L`Energie Solaire Perspectives Economiques. Centre National de La Recherche Scientifique, 1975.

PHILIPPI JR. Saneamento, saúde e ambiente. fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri SP: Núcleo de Informações em Saúde Ambiental.

NISAM/FSP/USP/Manole; 2005. (Coleção Ambiental, 1).

Pietro, Maria Sylvia Zarella. Direito Administrativo. Editora Atlas 20<sup>a</sup> edição, 2006.

Pires, Dílson Ojeda. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de mestrado, Coppe – UFRJ; Fevereiro de 2005.

Ricardo, David. Princípios de Economia Política, Tributação. Abril Cultural, 1982.

Scientifique, Conseil. La pollution atmosphérique d`origine agricole; Bulletin de Liaison de L`Observatoire Départemental de L`Environnement (Inf`O.D.E). Avis n° 25; mai, 2002.

Romeiro, Ademar Ribeiro. Economia ou Economia política da sustentabilidade. Elsevier editora, 2003.

Simonsen, Mario Henrique. Teoria Microeconômica. Editora Fundação Getúlio Vargas, 1979.

Singer, Paul. A crise do Milagre. Editora Paz e Terra, 1976.

Singer, Paul. Economia Política de Urbanização. Editora Brasiliense, 1976.

Singer, Paul. Introdução à Economia Política. Forense Universitária, 1975.

Sister, Gabriel. Mercado de Carbono e Protocolo de Quioto. Elsevier editora Ltda, 2007.

Tavares, Maria da Conceição. Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro. Zahar Editores, 1973.

Venosa, Silvio de Salvo. Teoria Geral das Obrigações e Teoria Geral dos Contratos. Editora Atlas. 5<sup>a</sup> Edição , 2005.

Da Vinha, Valéria. As Empresas e o Desenvolvimento Sustentável: Da Eco-Eficiência à Responsabilidade Social Corporativa. Economia do Meio Ambiente. Elsevier editora Ltda, 2003.

Da Vinha, Valéria. A convenção do desenvolvimento sustentável e as empresas eco-comprometidas. Tese de Doutorado. CPDA/UFRRJ 2000.

#### Fontes de dados

DATASUS

Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente ( FEEMA),

Fundação CEPERJ,

Fundação IBGE,

Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN),

Instituto Estadual do Ambiente (INEA),

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA),

Jornal O Globo

Jornal Valor Econômico

Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (PMRJ),

Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC),

Secretaria Municipal de Saúde e Defesa Civil (SMSDC).

Serviço Unificado de Saúde (SUS).

## ANEXO 1

## Legislação Ambiental

Jurisdição	In.	Órgão emissor	Data	Objeto
Federal	Prt	Mininter. 0231	27/04/1976	Estab.Padrões de qualid. Do ar.
Federal	Lei	Pres.Rep. 6803	02/07/1980	Dispõe s/ Zont <sup>o</sup> . Ind.em áreas críticas.
Federal	Lei	6938	31/08/1981	Estab.Polít.Nacional do Meio Amb.
Federal	Dec	99274/90	06/06/1990	Regulamenta a Lei 6938/81
Federal	Res	Conama Nº 1	23/01/1986	Critérios p/ Lict <sup>o</sup> Ambiental e EIA/RIMA
Federal	CF	Cap IV, Art225	05/10/1988	Compet. U/E/DF/M proteção ao M.Amb
Federal	Res	Conama 340	25/09/2003	Utiliz.cilindros contenção vazamentos
				De gases destroem camada de ozônio.
Federal	Lei	Pres. Rep. 8723	28/10/1993	Redução emissão poluentesveiculares.
Federal	Res.	Conama nº1	23/01/1986	Critérios para Lict <sup>o</sup> Amb. E IA /RIMA.
Federal	Res	Conama nº 3	28/06/1990	Estabelece Padrões de Qualidade do Ar
Federal	D.Lei	Pres.Rep.1413	14/08/1975	Controle Poluição M. Amb.p/ativ.Indust.
Federal	Res	Conama nº 5	15/06/1989	Pronar , Prog. Nac. de Qualidade do Ar.
Federal	Lei	Pres.Rep.9605	12/02/1998	Lei do Meio Ambiente/crimes ambient.
Federal	Res	Conama nº 8	06/12/1990	Limites Máx. de Poluentes do ar Comb.
Federal	Lei	Pres.Rep.10257	10/07/2001	Estatuto da Cidade
Federal	Res	Conama nº 237	19/12/1997	Def. Critérios p/ licencmt <sup>o</sup> ambiental
Federal	Lei	Pres.Rep.10650	16/04/2003	Acesso Pub. Dados e Inform.SISNAMA.
Federal	Res.	Conama nº382	26/12/2006	Estabelece limites máx. emissão polu- entes atmosféricos para fontes fixas.
Estadual	Dec	134	16/06/1975	Política Estadual de Controle Ambiental

Estadual	Dec	1633	28/12/1977	Institui o Sist. De Lictº de Ativid. Poluid.
Estadual	Dec	CECA		Normatiza o Lic. De ativid. Poluidoras
Estadual	Lei	466	21/10/1981	Estab. o Zoneamento ambiental RMRJ
Estadual	Del. CECA nº 935		07/08/1986	DZ-545 Prog. De autocontrole emissões para a atmosfera PROCON - AR
Estadual	Del	CECA nº 1078	25/06/1987	DZ-041 Implantação do EIA e do RIMA.
Estadual	Lei	1356	03/10/1988	Procedmtº análise e aprovação dos EIA
Estadual	Dec.	26058	14/03/2000	Def.Áreas priorit.de ação do Estado do RJ
Estadual	Dec.	40744	25/04/2007	Dispõe s/ organização competência e infraestrutura do CONEMA.
Estadual	Dec.	41286	06/05/2008	Transfere ao CONEMA atribuições da Câmara de normatização da CECA.
Estadual	Res.	Conema 01	07/10/2008	Estabelece regime interno do Conema.
Estadual	Res.	Conema 02	07/10/2008	Aprova DZ-077p/encerramento de ativid. potencialmte.poluidoras e degradadoras
Estadual	Res.	Conema 05	22/12/2008	Revoga a NT-574 Padrões de emissão de poluição do Ar..Delib.Ceca 2953 31/08/93
Estadual	Res.	Conema 12	10/06/2009	Estabelece procedtº gases poluentes
Estadual	Res.	Conema 18	28/01/2010	MN-050 Classif. Atividades Poluidoras.
Estadual	Res.	Conema 21	07/05/2010	Aprova DZ056 Diretriz Audit.Ambiental.
Estadual	Dec.	42159	02/12/2009	Criação do SLAM(Sist.Lic. Ambiental)