INSTITUTO
SAÚDE e SUSTENTABILIDADE

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
no Estado do Rio de Janeiro sob a visão da saúde

OUTUBRO 2014

Agradecemos à

Amil Assistência Médica Internacional Ltda

o apoio para a realização desta pesquisa

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE

Patrono
Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Conselho Deliberativo
Dagoberto de Castro Brandão
Edilson Martins Ramos
José Leopoldo de Abreu Figueiredo
Marcelo Pereira Binder
Tatiana Corrêa da Fonseca

Conselho Fiscal
Alcides Soares Luna
Flávia Bozzolla Vieira
Tomás Carmona
Ruy Guilherme Cordéro da Silva

Conselho Consultivo
Flávio Francisco Vormittag
José Theodoro Alves de Araújo
Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Direção Executiva
Evangelina Motta Pacheco Alves de Araujo Vormittag

Desenvolvimento Institucional
Paola Liguori

Gestão Ambiental
Renan Rodrigues da Costa
Aline Atsuta Braga

Comunicação
Carolina Pires

Voluntárias
Deolinda Maria Cardoso de Sequeira
Maria Cristina Pacheco e Silva
Nicole Cristina do Nascimento

Foto
Giancarlo Liguori

Av. Brigadeiro Faria Lima, 1826, cj. 806
Jardim Paulistano • 01451-001 • São Paulo - SP
Tel. 55 11 3759-0472
www.saudeesustentabilidade.org.br
www.facebook.com/saudeesustentabilidade

AUTORES

Evangelina da M. P. A. de Araujo Vormittag

Médica, especialista em Patologia Clínica e Microbiologia, Doutora em Patologia pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Especialista em Gestão de Sustentabilidade pela Faculdade de Administração da Fundação Getúlio Vargas SP. Realizou o Curso de Pós Graduação Economia da Saúde e Desenvolvimento Econômico da Faculdade de Economia e Administração da USP. Trabalhou como Diretora da Seção de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia do Laboratório Central do Hospital das Clínicas da FMUSP e como Gerente médica de Pesquisa Clínica da Merck Sharp & Dohme. Idealizadora, fundadora e Diretora Presidente do Instituto Saúde e Sustentabilidade.

Cristina Guimarães Rodrigues

Formada em Ciências Econômicas com Doutorado em Demografia, ambos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui pós-doutorado pela Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (FEA/USP). É professora da Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras (Fipecafi), vinculada à USP e desenvolve pesquisa e consultoria nas áreas de demografia e economia da saúde para instituições de pesquisa, ONGs e empresas privadas. Tem diversas publicações nacionais e internacionais, e é membro da Associação Brasileira de Estudos Nacionais (ABEP) e Associação Latino-Americana de Estudos Populacionais (ALAP).

Renan Rodrigues da Costa

Graduado no curso de Bacharelado em Gestão Ambiental da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP. Realizou monitoria institucional na área de cartografia temática e participou, como professor, do projeto de extensão universitária Pró-Universidade, em parceria com a Fundação Tide Setubal. Foi bolsista pela FAPESP, tendo desenvolvido pesquisa científica sobre negociações internacionais sobre meio ambiente, mudanças climáticas, instrumentos econômicos para a gestão ambiental, especificamente mercado de carbono, e indicadores de sustentabilidade, a qual foi aprovada no V Seminário Nacional da Rede Brasileira de Monitoramento e Avaliação. Estagiário no Instituto Saúde e Sustentabilidade desde 2013.

Marina Jorge de Miranda

Geógrafa, Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (USP). Pesquisadora no Grupo de Pesquisa em Geografia Médica e da Saúde da Universidade de São Paulo, dentro das temáticas: Saúde Urbana, Saúde Materna e Infantil, Climatologia Médica, Geoprocessamento e Estatística Espacial. Em 2012, colaborou como investigadora visitante no Gabinete de Investigação em Geografia da Saúde da Universidade de Coimbra (UC), Portugal.

Aline Atsuta Braga

Graduanda do curso de bacharelado em Gestão Ambiental, na EACH/USP (Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de do aquecimento global. No Instituto Saúde Sustentabilidade, atuou nos projetos do "Observatório de Sustentabilidade Urbana", colaborando nos estudos sobre o panorama da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil e na "Avaliação do Impacto da Poluição Atmosférica no Estado do Rio de Janeiro Sob a visão da Saúde".

Nicole Cristina do Nascimento

Formada em Técnico em Meio Ambiente pela Faculdade Método São Paulo e em Logística pela Faculdade Anhanguera, trabalha no Disque Denúncia da Secretaria Estadual do Meio Ambiente. No Instituto Saúde e Sustentabilidade atuou como voluntária na área de pesquisas e estudos sobre poluição atmosférica, qualidade do ar e saúde.

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Paulo Saldiva é professor titular de Patologia da Faculdade de Medicina - Universidade de São Paulo, onde é responsável pela autópsia e patologia pulmonar de diagnóstico e atividades de ensino. Ele é o coordenador do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina, bem como o diretor do Instituto Nacional de Avaliação Integrada de Riscos do Conselho de Pesquisa Nacional. Paulo Saldiva é também membro do Comitê Consultivo Científico do Programa de Pesquisa do Ar Limpo em Harvard. Atuou como membro do painel de peritos que define as Diretrizes de Qualidade do Ar globais da OMS, bem como do grupo de pesquisadores envolvidos na avaliação da carcinogenicidade de poluição do ar para o IARC. Ele recebeu do Ministério da Ciência a Comenda do Mérito Científico. Saldiva assina 364 artigos completos em periódicos internacionais.

RESUMO

A Organização Mundial de Saúde – OMS, publicou este ano a perda precoce de cerca 7 milhões de vidas no mundo pela poluição do ar em 2012: 3,6 milhões devido à poluição do ar externa e 3,4 milhões devido à poluição intradomiciliar. Isto significa que uma em cada oito mortes no mundo está relacionada à exposição ao ar contaminado, tornando-se a principal causa de morte por complicações cardiorrespiratórias relacionadas ao meio ambiente. Em 2013 o ar contaminado e o poluente material particulado (MP) passaram a ser considerados causas ambientais de mortes por câncer. O Brasil é um país em atraso no combate à poluição do ar e não por falta de conhecimento ou de estudos locais. O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) estabelecido há 25 anos não foi cumprido. O monitoramento nacional ocorre em apenas 1,7% dos municípios brasileiros, sob responsabilidade dos governos de estados. A Resolução CONAMA Nº 03/1990 estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, defasados, sem atualização mesmo após, em 2006, a OMS recomendar novos padrões adotados na maioria dos países no mundo, com prejuízo à transparência da informação à sociedade e ao combate dos altos níveis de poluição atmosférica e suas consequências sobre a saúde da população. O objetivo desta pesquisa é realizar uma avaliação dos dados ambientais de poluição atmosférica - $MP_{2,5}$, impacto em saúde pública (DALY, mortalidade e internações) e sua valoração em gastos públicos no Estado do Rio de Janeiro, ERJ, no período de 2006 a 2012, em função da adoção dos padrões de qualidade do ar preconizados pela OMS. Fazem parte da amostra do estudo 30 estações automáticas localizadas em 4 regiões de governo e 15 municípios. Os resultados mostram que as médias anuais de $MP_{2,5}$ de todas as estações do ERJ, para todos os anos situam-se acima do padrão anual da OMS, em patamares elevados e de forma relativamente estável ao longo dos 7 anos, excetuando-se uma medida, em Nova Iguaçu, em 2012. A região metropolitana (RMRJ) apresenta os maiores níveis de poluição por $MP_{2,5}$ que as demais regiões e, inclusive, acima da média do Estado, com uma tendência de aumento de poluição interrompida em 2012. Sob o prisma das cidades, em 2011 e 2012, todos os 15 municípios apresentam média anual de $MP_{2,5}$ acima do padrão da OMS, sendo 6 deles mais poluídos que a cidade do Rio de Janeiro: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende e Porto Real. Os municípios que apresentam o maior nível de concentração do poluente, 3 vezes acima que o padrão da OMS, estão localizados na RMRJ: Nova Iguaçu em 2011 e Duque de Caxias e Itaboraí em 2012. Contabiliza-se o DALY de 79.149 anos, 36.194 mortes (morrem 14 pessoas por dia no ERJ) e 65.102 internações na rede pública de saúde devido doenças cardiovasculares e câncer de pulmão em indivíduos adultos e doenças

respiratórias em idosos e crianças menores que 5 anos atribuíveis à poluição, cuja valoração alcança um gasto público de R$ 82 milhões. Por ordem de importância, os municípios que apresentam o maior risco de morte devido à poluição são: Macuco, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Itaboraí, Barra Mansa e Rio de Janeiro. Afinal, como se comporta, comparativamente, a qualidade do ar entre as cidades e os estados do Rio de Janeiro e São Paulo? A cidade do Rio de Janeiro apresentou melhores condições da qualidade do ar durante 4 anos, 2007 a 2010, e, em 2011, São Paulo teve melhores condições. Em relação aos Estados, com exceção de 2009, a qualidade do ar do Estado de São Paulo é pior que a do Rio de Janeiro. Há razões para deduzir que os resultados do estudo possam estar subestimados: 1) O ERJ é o único Estado brasileiro que inclui estações de monitoramento privadas (relacionado ao licenciamento ambiental) na sua rede de monitoramento - 48,7% de suas estações (39/80) e, justamente, 87% das estações automáticas, objeto do estudo, pertencem à rede privada; 2) Provável maior representatividade de fontes fixas do que móveis; 3) Comparando-se medidas de estações automáticas e semiautomáticas, públicas e privadas de outras fontes observam-se valores discrepantes, mas que necessitariam ser estudados; e 4) Estações privadas/automáticas, em geral, apresentam médias anuais acima da recomendação da OMS, porém, na sua maioria abaixo do padrão nacional, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, enquanto as públicas/semiautomáticas, sua maioria acima padrão nacional. O ERJ progrediu pouco na implementação de estações de monitoramento automáticas. Vale chamar a atenção para o fato de que a comunicação dos dados de monitoramento no website do INEA, pelos boletins diários (em tempo real) referem-se às medidas das estações automáticas, ou seja, basicamente a leitura das estações privadas. O ERJ é a segunda UF com maior densidade demográfica, possui o segundo maior PIB do Brasil, onde o setor industrial é bastante representativo, diversificado e complexo (com destaque ao setor petroquímico, metalurgia e siderurgia), possui uma frota veicular significativa e intenso tráfego em todo o Estado. Por essas razões e a magnitude dos resultados, esse estudo aponta para a necessidade de se buscar melhores práticas para o monitoramento da qualidade do ar e para a publicação clara de informações à sociedade, bem como implementar medidas mais rigorosas e urgentes para o controle da poluição.

ABSTRACT

The World Health Organization - WHO published in 2014 the early loss of about 7 million lives worldwide by air pollution in 2012; 3,6 million due to the outdoor air pollution and 3,4 million due to indoor air pollution. This means that one in eight deaths worldwide are related to exposure to contaminated air, which becomes the major cause of death from cardiopulmonary complications related to the environment. In 2013 contaminated air and the pollutant particulate matter (PM) were considered environmental causes of cancer deaths. Brazil is a backward country in combating air pollution and not for lack of knowledge or local studies. The National Program for Control of Air Quality (PRONAR in Portuguese) established 25 years ago wasn't accomplished. The national monitoring occurs in only 1.7% of Brazilian municipalities, under the responsibility of state governments. The CONAMA Resolution No. 03/1990 establishes national standards for air quality, outdated, with no update even after, in 2006, the WHO recommend new standards adopted in most countries in the world, with prejudice to the transparency of information to society and to combat high levels of air pollution and its impacts on population health. The objective of this research is to conduct an assessment of the environmental data of air pollution - PM2,5, impact on public health (DALYs, mortality and hospitalizations) and an valuation in public spending in the State of Rio de Janeiro (ERJ in Portuguese) form 2006 to 2012, due to the adoption of air quality standards recommended by WHO. Belong to the sample of the study 30 automatic stations located in 4 government regions and 15 municipalities. The results show that the annual average of PM2,5 of all stations of the ERJ for all years are above the annual standard of WHO, at high levels and relatively stable over the seven years, with the exception of one measure, in Nova Iguaçu in 2012. The Metropolitan Region of Rio de Janeiro (RMRJ in Portuguese) has the highest pollution levels by PM2,5 the other regions, and even above the state average, with a trend of increasing pollution discontinued in 2012.From the perspective of the cities in 2011 and 2012 all the 15 municipalities showed annual average of PM2,5 above the WHO standard, 6 of them being more polluted than the city of Rio de Janeiro: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende and Porto Real. The municipalities that showed with the highest level of pollutant concentration, above 3 times the WHO standard, are located in the RMRJ: Nova Iguaçu in 2011 and Duque de Caxias and Itaboraí in 2012. We account the DALY of 79,149 years, 36.194 deaths (4 people die per day in the ERJ) and 65,102 hospitalizations in public health network from heart disease and lung cancer in adults and respiratory diseases in the elderly and children younger than 5 years attributable to pollution, whose valuation reaches a public spending of R$ 82

million. In order of importance, the municipalities with the highest risk of death due to pollution are: Macuco, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Itaboraí, Barra Mansa and Rio de Janeiro. After all, how the air quality behaves, comparatively, to the air quality between the cities and the states of Rio de Janeiro and São Paulo? The city of Rio de Janeiro presented the best conditions of air quality during four years, from 2007 to 2010, and in 2011 São Paulo had better conditions. Over the States, with the exception of 2009, the air quality of the State of São Paulo is worse than that of Rio de Janeiro. There are reasons to assume that the results of the study may be underestimated: 1) The ERJ is the only state that includes private monitoring stations (related to environmental licensing) on your monitoring network - 48.7% of its stations (39/80) and just 87% of automatic stations, object of this study, belong to the private network; 2)probably better representation of fixed sources than mobile sources; 3) Comparing measures of automatic and semi-automatic stations, public and private of other sources we observed discrepant values, but that would need to be studied; and 4) private/automatic stations generally show annual averages above the WHO recommendation, however mostly below the national standard established by CONAMA Resolution No. 03/1990, while public/semiautomatic mostly above the national standard. The ERJ has made little progress in the implementation of automatic monitoring stations. Worth drawing attention to the fact that the communication of monitoring data on INEA, by daily bulletins (in real time) refer to measures of automatic stations, basically the reading of private stations. The ERJ is the second UF with greater population density, have the second largest GDP in Brazil whose industry is representative, diverse and complex (especially the petrochemical industry, iron and steel), have a significant vehicle fleet and intense traffic along State. For these reasons and magnitude of the results of this study point to the need of search for best practices for monitoring air quality and the clear publication of information society, as well as implement more stringent and urgent for pollution control measures.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

TABELAS

Tabela 1 - Comparação dos padrões MP10 20
Tabela 2 - Comparação dos padrões MP2,5 21
Tabela 3 - População das regiões de governo do ERJ 22
Tabela 4 - Estações incluídas no estudo, municípios e regiões de governo. 28
Tabela 5 - Parâmetro beta utilizado no cálculo do risco relativo de mortalidade 30
Tabela 6 - Grupos de causas de mortalidade e internações hospitalares incluídos nas projeções – Rio de Janeiro, 2012 33
Tabela 7 - Estações, nº de observações, médias e máximas anuais de MP2,5 (µg/m3) . 36
Tabela 8 - Médias anuais de MP2,5 no Estado do Rio de Janeiro 38
Tabela 9 - Médias anuais de MP2,5 das regiões de governo do Rio de Janeiro. 39
Tabela 10 - Médias anuais de MP2,5 dos municípios 42
Tabela 11 - Número de ultrapassagens e representatividade no ano por estação (2012) 48
Tabela 12- Mortalidade atribuível à poluição por MP2,5 no ERJ 49
Tabela 13 - Mortalidade atribuível à poluição por MP2,5 nas regiões de governo do ERJ 50
Tabela 14 - Mortalidade atribuível à poluição por MP2,5 nos municípios. 51
Tabela 15 - Internações atribuíveis à poluição no ERJ 53
Tabela 16 - Internações públicas por doenças específicas atribuíveis a poluição por município, regiões de governo e ERJ - 2012 53
Tabela 17 - Valore de DALY obtidos em 2012 58
Tabela 18 - Valor das Internações públicas atribuíveis à poluição no ERJ 60
Tabela 19 - Médias anuais de MP2,5 de 2006 a 2012 - Cidades do Rio de Janeiro e São Paulo 71
Tabela 20 - Médias anuais de MP2,5 de 2006 a 2012 - Estados do Rio de Janeiro e São Paulo 72
Tabela 21 - Taxas de mortalidade (geral) por 100 mil habitantes padronizadas pela estrutura etária do Brasil em 2010 – municípios do Rio de Janeiro e São Paulo 73
Tabela 22 - Número total de mortes – municípios do Rio de Janeiro e São Paulo 74
Tabela 23 - Taxas de mortalidade (geral) por 100 mil habitantes padronizadas pela estrutura etária do Brasil em 2010 – Estados Rio de Janeiro e São Paulo 75

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Médias anuais de MP2,5 do ERJ 38
Gráfico 2 - Médias anuais de MP2,5 das regiões de governo do ERJ 39
Gráfico 3 - Médias anuais de MP2,5 das regiões de governo do ERJ 40
Gráfico 4 - Médias anuais de MP2,5 de todos os municípios analisados. 43

Gráfico 5 - Médias anuais de MP2,5 dos municípios da RMRJ 44
Gráfico 6 - Médias anuais de MP2,5 dos municípios da RMP 45
Gráfico 7 - Média MP2,5 por ordem decrescente dos municípios em 2011 e 2012 46
Gráfico 8 - Internações atribuíveis à poluição por causas no ERJ (2012) 54
Gráfico 9 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RMRJ (2012)..... 55
Gráfico 10 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RMP (2012) 55
Gráfico 11 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RNF (2012) 56
Gráfico 12 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RS (2012)..... 56
Gráfico 13 - Internações atribuíveis à poluição por causas no município do Rio de Janeiro (2012) 57
Gráfico 14 - Internações atribuíveis à poluição por causas no município de Duque de Caxias (2012)..... 57
Gráfico 15 - DALY/1000 habitantes - Rio de Janeiro, 2006 a 2012 59
Gráfico 16 - Percentual de gastos com internações atribuíveis à poluição, segundo causa de morte - Rio de Janeiro, 2006 a 2012 60
Gráfico 17 - Médias anuais de MP10 das estações automáticas privadas e públicas da RMRJ (2010)..... 64
Gráfico 18 - Médias anuais de MP10 das estações automáticas públicas e privadas da RMRJ (2011)..... 65
Gráfico 19 - Médias anuais de MP10 das estações semiautomáticas e automáticas da RMRJ (2010)..... 66
Gráfico 20 - Médias anuais de MP10 das estações semiautomáticas e automáticas da RMRJ (2011)..... 66
Gráfico 21 - Médias anuais de MP10 da rede semiautomática da RMRJ, 2000 a 2012 .. 68
Gráfico 22 - Médias anuais de MP10 da rede automática da RMRJ, 2000 a 2012 68

FIGURAS

Figura 1- Estado do Rio de Janeiro: Regiões de Governo e Municípios 23
Figura 2 - Regiões de governo do Estado do Rio de Janeiro com as estações de monitoramento da qualidade do ar do INEA incluídas no estudo..... 27
Figura 3 - Densidade demográfica e média anual de $MP_{2,5}$ por município (2012). 47
Figura 4 - Taxa de mortalidade por poluição (2012) 52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
2 OBJETIVO 24
3 METODOLOGIA 25
3.1 CÁLCULO AMBIENTAL 25
3.2 CÁLCULOS EPIDEMIOLÓGICO E ECONOMÉTRICO 29
3.2.1 Cálculo de mortes, internações públicas e gastos com internações atribuíveis ao $MP_{2,5}$ 29
3.2.2 O método DALY 31
3.2.3 Banco de dados 32
4 RESULTADOS 34
4.1 RESULTADOS AMBIENTAIS 34
4.2 RESULTADOS EPIDEMIOLÓGICOS 49
4.2.1 Mortalidade atribuível 49
4.2.2 Internações 52
4.2.3 DALY total 58
4.3 RESULTADOS ECONOMÉTRICOS 59
4.3.1 Valor das Internações 59
5 DISCUSSÃO 62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 77
REFERÊNCIAS 81
ANEXOS 86

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA no Estado do Rio de Janeiro sob a visão da saúde

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica – preocupação mundial dos órgãos de saúde

Diante do intenso desenvolvimento econômico das últimas décadas, a humanidade vem vivenciando o agravamento de questões socioambientais. Cada vez mais as externalidades provenientes de atividades antrópicas resultam em impactos negativos, provocando a diminuição da qualidade de vida em diferentes aspectos. A urbanização gera uma série de mudanças no estilo de vida das pessoas, criando hábitos que modificam drasticamente o ambiente. As alterações do ambiente, por sua vez, desencadeiam impactos sobre a saúde em todos os seus aspectos: físicos e psíquicos, global ou individualmente. O acúmulo de poluentes emitidos a partir de indústrias e veículos aumentará a taxa de mortalidade por câncer e doenças dos sistemas cardiovascular e respiratório. Nas cidades, o ser humano é o ponto esquecido da questão ambiental. Os mais vulneráveis serão os mais afetados.

A Organização Mundial de Saúde - OMS publicou, em 2014, a perda precoce de cerca 7 milhões de vidas no mundo pela poluição do ar em 2012: 3,6 milhões devido à poluição do ar externa e 3,4 milhões devido à poluição intradomiciliar. Isto significa que uma em cada oito mortes no mundo está relacionada à exposição ao ar contaminado. (WHO, 2014a). Assim, a poluição do ar se torna a principal causa de morte por complicações cardiorrespiratórias relacionadas ao meio ambiente. O ar passa a ser líder ambiental para riscos em saúde, o que pede medidas emergenciais de controle efetivo da poluição.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (abreviação em inglês OECD) já estima que até 2050, se nenhuma medida de combate à poluição for tomada, a principal *causa mortis*, com exceção de doenças crônicas não evitáveis, estará relacionada a complicações cardiorrespiratórias devidas à má qualidade do ar

pelos poluentes Material Particulado (MP) e Ozônio (O_3) troposférico, superando as mortes por malária, poluição *indoor*, consumo de água insalubre e falta de saneamento básico (OECD, 2012). Os dados são alarmantes e ultrapassam estimativas anteriores.

A Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), vinculada à Organização Mundial da Saúde (OMS), anunciou, em 2013, a classificação da poluição do ar exterior como cancerígena, o que significa que o ar contaminado por si só, independente da concentração de poluentes ou do grau de exposição da população, passa a ser considerado uma causa ambiental de mortes por câncer. Além do ar poluído, o poluente Material Particulado, objeto deste estudo, também foi classificado como substância carcinogênica. Além de causar o câncer de pulmão, há a associação comprovada ao câncer da bexiga.

Os dados mais recentes da agência mostram que, em 2010, mais de 223 mil pessoas morreram de câncer de pulmão relacionado à poluição do ar. Em resumo, o risco de desenvolver câncer de pulmão ou bexiga é significativamente maior em pessoas expostas à poluição atmosférica (IARC, 2013).

A poluição atmosférica e seus efeitos para a saúde

Na década de 1990, as primeiras estimativas de efeito da poluição do ar em São Paulo, realizadas pelo pesquisador Paulo Saldiva, mostraram que a mortalidade de idosos está diretamente associada com a variação do MP_{10} (SALDIVA, 1995). A partir da década de 90, inúmeras são as publicações científicas sobre a gravidade da poluição do ar externo para a saúde no mundo. Dentre os riscos evitáveis, a poluição atmosférica e o trânsito são, juntos, a primeira ameaça para infarto do miocárdio nas cidades (NAWROT et al., 2011). Embora o cigarro seja muito pior do que a poluição, o seu risco se aplica aos fumantes, ao passo que a poluição atinge a todos. O aumento do tráfego em 4.000 veículos km/dia em uma via até 100 metros da residência mostrou ser um fator de risco para desenvolvimento de câncer de pulmão (NIELSEN et al., 2013).

Os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos manifestam-se com maior intensidade em crianças, idosos, indivíduos portadores de doenças respiratórias e

cardiovasculares crônicas e, especialmente, nos segmentos da população mais desfavorecidos do ponto de vista socioeconômico.

A variação tóxica ambiental pode afetar a saúde de maneiras e níveis de gravidade diversos. A literatura mundial relaciona a poluição do ar à redução da expectativa de vida, a um maior risco de arritmias e infarto agudo do miocárdio; bronquite crônica e asma (Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas - DPOC), obesidade, câncer do pulmão e à depressão (DOCKERY et al., 1993; POPE et al., 1994; POPE et al., 1995; BRAGA et al., 2001; CONCEIÇÃO et al., 2001; POPE et al., 2002; POPE et al., 2004; ANDERSON et al., 2004; FARHAT et al., 2005; PETERS, 2005; CANÇADO, 2006; LADEN et al., 2006; WHO, 2006; POPE & DOCKERY, 2006; NASCIMENTO et al., 2006; ULIRSCH et al., 2007; LEPEULE et al., 2012; CAREY et al., 2013).

Sob o prisma da saúde das crianças, a situação é ainda mais alarmante. A criança, antes mesmo de nascer, já sofre as consequências da poluição atmosférica, comprovadas por estudos que demonstram retardo do crescimento intrauterino, menor peso ao nascer, maior mortalidade intrauterina e maior mortalidade neonatal (PEREIRA et al., 1998; LIN et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005).

No Brasil, o Instituto Saúde e Sustentabilidade avaliou os dados ambientais de poluição atmosférica do Estado de São Paulo, durante o período de 2006 a 2011, estimou o impacto em saúde pública (mortalidade e internações) e sua valoração em gastos públicos e privados (VORMITTAG et al., 2013).

Materiais particulados são misturas de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Sua composição e tamanho dependem da fonte de emissão: partículas grandes, com diâmetro entre 2,5 e 30 µm, são emitidas por combustões descontroladas, dispersão mecânica, solo (poeiras ressuspensas do solo) e materiais da crosta terrestre, como pólen, esporos e cinzas vulcânicas; partículas pequenas, menores que 2,5 µm, pela combustão de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradores, termoelétricas, fogões a gás e tabaco. São denominadas como MP_{10} as partículas com diâmetro menor ou igual a 10 µm, que podem atingir o trato respiratório inferior e causar efeitos sobre a saúde mais importantes como doenças respiratórias crônicas, asma, bronquite, doenças cardiovasculares e câncer de pulmão. Já o $MP_{2,5}$ refere-se às partículas inaláveis finas menores ou iguais a 2,5 µm que alcançam os

alvéolos. Apresentam a importante característica de transportar gases adsorvidos em sua superfície até onde ocorre a troca gasosa nos pulmões.

As médias anuais de $MP_{2,5}$ do Estado de São Paulo (SP) situam-se 2 a 2,5 vezes acima do padrão da OMS (10 µg/m^3) em todos os anos analisados. Sob o prisma das cidades, em 2011, os 29 municípios estudados, sem exceção, apresentam média anual de $MP_{2,5}$ acima do padrão da OMS e 12 municípios apresentam níveis acima da cidade de São Paulo: Cubatão, Osasco, Araçatuba, Guarulhos, Paulínia, São Bernardo, Santos, São José do Rio Preto, São Caetano, Americana, Taboão da Serra e Mauá (em ordem decrescente). Ao interpretar os dados por regiões metropolitanas ou aglomerados urbanos no Estado, observa-se níveis de poluição similares aos da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP, com exceção da Baixada Santista, muito mais alta. Em relação à mortalidade atribuível á poluição (por doenças isquêmicas cardiovasculares e cerebrovasculares, neoplasias do trato respiratório, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e infecções de vias aéreas inferiores) o Estado de SP possui 17.443 mortes, e a capital paulistana 4.655 óbitos em 2011. Considerando-se as mortes atribuíveis no Estado de SP para os 6 anos do estudo, 2006 a 2011, observa-se 99.084 mortes (VORMITTAG et al., 2013). Há uma relação entre o nível de $MP_{2,5}$ e a taxa de mortalidade entre os municípios: aqueles com os maiores níveis de $MP_{2,5}$ são também os que possuem o maior risco de morte como, por exemplo, Cubatão, Osasco, Araçatuba, São José do Rio Preto, Araraquara e São Carlos. Verifica-se, para o Estado, 68.499 internações públicas atribuíveis à poluição. Em 2011, temos o DALY de 159.422 anos. O gasto público de internações por doenças cardiovasculares, pulmonares e câncer de pulmão atribuíveis à poluição na cidade de São Paulo, em 2011, foi em torno de R$ 31 milhões, correspondendo a 0,51% do orçamento para aquele ano. Os gastos públicos e (suplementar) privado de internações pelas mesmas doenças descritas no Estado de São Paulo, em 2011, foram respectivamente, em torno R$ 76 milhões e R$ 170 milhões, totalizando os gastos em R$ 246 milhões no Estado.

No Estado de São Paulo, morrem mais que o dobro de pessoas por poluição do ar do que por acidentes de trânsito (7.867), quase 5 vezes mais do que Câncer de mama (3.620) e quase 6,5 vezes mais que por AIDS (2.922) ou Câncer de Próstata (2.753) (MS, 2011).

Bell et al. (2005) mostrou que se houvesse a redução de 10% de poluentes entre 2000 e 2020, na cidade de São Paulo, acarretaria a redução de 114 mil mortes, 138 mil visitas de crianças e jovens a consultórios, 103 mil visitas a Prontos-socorros por doenças respiratórias, 817 mil ataques de asma, 50 mil casos de bronquite aguda e crônica e evitaria 7 milhões de dias restritivos de atividades e 2,5 milhões de absenteísmo em trabalho.

Embora seja vasto o conhecimento sobre tão relevante tema, inclusive no Brasil por centenas de publicações do Laboratório de Polução Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, infelizmente, nos deparamos com um dos piores padrões de qualidade de ar do mundo e o mínimo de políticas públicas responsável para salvaguardar os cidadãos brasileiros.

O Brasil, um país em atraso para o combate à poluição do ar

No Brasil, a resposta para o monitoramento da poluição atmosférica foi a criação do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução CONAMA nº 05/1989 institui o PRONAR, Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, que determina a criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar.

> *Como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica (BRASIL, 1989).*

O estabelecimento do programa deveu-se à percepção do acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores; do progressivo aumento da poluição atmosférica, principalmente, nas regiões metropolitanas; dos seus reflexos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente; das perspectivas de continuidade destas condições e, a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle; e da preservação e recuperação da qualidade do ar, válidas para todo o território nacional.

O monitoramento da qualidade do ar é extremamente relevante, pois gera dados sobre a condição da qualidade do ar atual, constrói o histórico de dados e é a base para guiar o gerenciamento e avaliar a efetividade de um programa estabelecido. Com base nos resultados do monitoramento, pode-se sugerir reajustes e melhorias nos instrumentos e habilitar tomadores de decisão a planejar ações e políticas públicas no sentido de melhorar a qualidade do ar e, no caso da qualidade do ar estar ruim, promover ações de controle complementares às previstas na norma e alertar a população dos riscos à saúde.

Um estudo divulgado esse ano pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade (VORMITTAG et.al, 2014), indica um monitoramento nacional da qualidade do ar defasado e precário. O PRONAR não foi cumprido. O monitoramento ocorre em apenas 40% das unidades federativas (11/27); o Distrito Federal e 10 estados, a saber: Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe. Apenas 1,7% dos municípios são cobertos para o diagnóstico de poluição do ar e por 252 estações de monitoramento. A Região Sudeste é a mais populosa, apresenta o maior número das estações - 76% (194/252) do país e representa 78% (75/95) dos municípios monitorados.

Entre os Estados, São Paulo e Rio de Janeiro apresentam em seus respectivos territórios uma quantidade de estações muito superior a de outros: 86 e 80 estações, quatro vezes mais do que o próximo Estado, o Rio Grande do Sul, com 20 estações. As cidades com mais estações são: São Paulo e Rio de Janeiro com, respectivamente, 25 e 22 estações.

Nem todos os poluentes são monitorados em todas as estações, agravando a situação do monitoramento. O Material Particulado, MP, é monitorado em 82% das estações, o Ozônio, O_3, em 46% e Dióxido de Enxofre, o SO_2, em 45%. São Paulo e Rio de Janeiro monitoram $MP_{2,5}$, respectivamente, em 16% e 22% de suas estações. A tecnologia utilizada na rede dispõe de 137 estações automáticas e 95 manuais (ou semiautomáticas) - 59% automáticas, as que disponibilizam os resultados das medições em tempo real, geração contínua de dados horários, a tecnologia que possibilita uma melhor representatividade de medidas e resultados mais fidedignos.

A maior parte dos Estados gerencia suas próprias estações, com exceção da Bahia, onde o gerenciamento é privado. O Rio de Janeiro dispõe de gerência pública, no entanto quase metade das suas estações de monitoramento é privada (vinculado ao licenciamento ambiental, referente ao automonitoramento das indústrias).

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a Resolução CONAMA nº 03/1990, que estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar, hoje ainda em vigor, sem atualização dos novos conhecimentos científicos sobre o tema. Além disso, determina a responsabilidade dos Estados para o monitoramento do ar nos seus respectivos territórios.

Em 2006, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou o Relatório *Air Quality Guidelines, an Update 2005 (Guia de Qualidade do Ar)*, um esforço mundial e estudo extenso que sugere novos padrões de qualidade do ar a serem utilizados (WHO, 2006). A forma mais precisa de se mensurar o impacto de concentrações de poluentes no ar, meio ambiente e em saúde é a condução de estudos epidemiológicos, estabelecidos através de funções dose-resposta e sua correlação com indicadores de morbidade e mortalidade na população susceptível. Mesmo assim, segundo o Relatório, não há níveis seguros de concentração de poluentes para a saúde humana.

O estudo de Candace Vahlsing & Kirk Smith, publicado em 2012, uma revisão global sobre os padrões de qualidade de ar para MP_{10} através de questionários a 96 países, que representam 84% da população no mundo, evidenciou que 72% deles possuíam padrão de medida diária para MP_{10}. A média do valor do padrão encontrada entre os países foi 98 µg/m³, bem acima do preconizado pela OMS - 50 µg/m³, e abaixo do padrão CONAMA estabelecido em 1990, de 150 µg/m³. Além disso, o Brasil é tido como o penúltimo país a ter alterado o padrão, na década de 90, comparado aos outros países que vêm estabelecendo a atualização de seus padrões desde então (VAHLSING & SMITH, 2012).

Fajersztajn e cols., em um recente artigo sobre a poluição do ar, mostrou um desequilíbrio entre o número de produção científica produzida sobre poluição atmosférica em um país e os seus níveis de poluição do ar. Os países em desenvolvimento contribuem com apenas 5% de todos os artigos sobre o tema e possuem os piores níveis de poluição. Teoricamente, uma boa pesquisa científica é

necessária como base para proporcionar a introdução de políticas públicas que visem controlar os malefícios ambientais para a saúde humana e a diminuição dos gastos públicos em saúde decorrentes. No Brasil, acontece o contrário: é um dos países que mais publica sobre o tema no mundo, estando entre os seis primeiros, e não conseguiu estabelecer políticas públicas que, de fato, venham a trazer benefícios para a saúde humana; possui um monitoramento insuficiente no país, níveis relativamente elevados de poluentes atmosféricos e baseia-se, em nível nacional, em um dos piores padrões de poluição do ar do mundo (FAJERSZTAJN et al. 2013).

Os Governos do Estado de São Paulo e Espírito Santo promulgaram os Decretos, respectivamente nº 59.113/2013 de 23/04/2013 e nº 3463-R de 16/12/2013 (este último não encontrado nos *websites* do IEMA e Secretaria Estadual do Governo – SEAMA), os quais estabelecem Novos Padrões de Qualidade do Ar para os poluentes mais comuns. No entanto, estabelecem a alteração dos padrões de qualidade do ar de forma escalonada, em 4 etapas, para se alcançar as Metas Intermediárias (MI1, MI2 e MI3 e PADRÃO FINAL). De forma equivocada, prejudicando a eficiência e a credibilidade da norma, não estabelecem prazos e metas para as alterações entrarem em vigor. Os Decretos introduzem o monitoramento de $MP_{2,5}$ (SÃO PAULO, 2013; ESPÍRITO SANTO, 2013). Nos dois Estados, a partir de abril de 2013, passou-se a adotar o MI1, a alteração de MP_{10} 24 horas de 150 para 120 µg/m³ e a introdução de padrão para $MP_{2,5}$.

As tabelas abaixo demonstram os valores padrões de poluentes no curso da história, comparando os valores promulgados pela OMS, Resolução CONAMA nº 03/1990 e Decreto estadual paulista.

Tabela 1 - Comparação dos padrões MP_{10}

	OMS	CONAMA 1990	DECRETO 2013 MI1
MÉDIA ANUAL (µg/m³)	20	50	40
24 HORAS (µg/m³)	50	150	120

Tabela 2 - Comparação dos padrões $MP_{2,5}$

	OMS	CONAMA 1990	DECRETO 2013	EPA*	EEA**
MÉDIA ANUAL (µg/m³)	10	não há	20	15	25
24 HORAS (µg/m³)	25	não há	60	35	-

*EPA = United States Environmental Protection Agency (USEPA).
**EEA = European Environmental Agency.

Quanto mais alto o padrão de qualidade de ar, mais difícil entender o que acontece de fato

O resultado disso, para o Brasil, são padrões nacionais de qualidade do ar estabelecidos há 24 anos, hoje ainda em vigor, desatualizados frente aos novos conhecimentos científicos em prejuízo à transparência da informação e ao combate dos altos níveis de poluição atmosférica e seus efeitos sobre a saúde da população.

Além disso, destaca-se a Lei N.º 10.650/2003 que dispõe sobre o acesso público às informações ambientais existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente. No caso de se haver padrões desatualizados, a população não possui a informação da real situação da qualidade do ar a que está submetida.

Por fim, é possível concluir que parte das unidades federativas não implementaram o monitoramento da qualidade do ar em seus territórios ou o realizam de forma incompleta, com prejuízo, minimamente, ao monitoramento da qualidade do ar no país, ao combate à poluição do ar, à saúde dos brasileiros e a divulgação da informação à sociedade. As Resoluções e Decretos pecaram em não definir prazos para o estabelecimento de suas determinações e não previram sanções cabíveis ao descumprimento por seus destinatários, os governos dos Estados.

O presente estudo tem a intenção de mostrar os níveis de poluição do ar por material particulado no Estado do Rio de Janeiro comparados aos padrões de qualidade do ar recomendados pela OMS, de modo a informar à sociedade, de forma real e transparente, a situação da qualidade de ar e a que efeitos sobre sua saúde está submetida, para conhecimento e alcance de seus direitos.

Sobre o Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro (ERJ) possui área aproximada de 43.780,17 km^2, que corresponde a 0,5% do território nacional. Apesar de não ser uma das unidades da federação de maior ocupação territorial, constitui-se como a terceira de maior contingente populacional, em torno de 16 milhões de habitantes, e a segunda com maior densidade demográfica, com 365,23 hab./m^2 (IBGE, 2014). Possui 92 municípios, e é o segundo maior PIB do Brasil (462,37 bilhões em 2011) (CEPERJ, 2013). Atualmente o ERJ possui a maior parte de seu PIB (69,18%) baseado na prestação de serviços (telecomunicações, turismo e comércio) e uma ínfima participação da agropecuária (0,43%). O setor industrial possui ainda uma participação importante, representando 30,39% do PIB (CEPERJ, 2014). Dentre as principais atividades industriais, destacam-se a indústria extrativa (com destaque ao setor petroquímico) e a indústria de transformação (metalurgia e siderurgia) (CEPERJ, 2014). A frota do ERJ é a quinta maior dentre todas as unidades federativas, com 5.793.638 veículos (DENATRAN, 2014), contando com intenso tráfego na rodovia Presidente Dutra ao longo do Estado.

O ERJ está subdividido nas seguintes regiões de governo e respectivas populações, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - População das regiões de governo do ERJ

Região de Governo	População estimada em 2013	Representatividade (%)
Região das Baixadas Litorâneas	757.683	4,6
Região Centro-Sul Fluminense	276.513	1,6
Região da Costa Verde	260.130	1,5
Região do Médio Paraíba*	871.775	5,3
Região Metropolitana*	12.177.232	74,3
Região Noroeste Fluminense	322.169	1,9
Região Norte Fluminense*	885.372	5,4
Região Serrana*	818.305	4,9

* Regiões inclusas no estudo.
Fonte: IBGE (2014).

Figura 1- Estado do Rio de Janeiro: Regiões de Governo e Municípios

2 OBJETIVO

O objetivo do estudo é realizar uma avaliação dos dados ambientais de poluição atmosférica, estimativa do impacto em saúde pública (mortalidade e adoecimento) e sua valoração em gastos públicos no Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 2006 a 2012, tomando por base o padrão de poluição atmosférica preconizado pela Organização Mundial de Saúde.

O projeto visa estimar

- Os níveis de poluição atmosférica, considerando os níveis do poluente $MP_{2,5}$ na rede e estações automáticas do INEA que medem MP_{10} e $MP_{2,5}$ no Estado do Rio de Janeiro, e compará-los ao padrão $MP_{2,5}$ preconizado pela OMS, como nível máximo aceitável para o mínimo efeito deletério à saúde humana, em substituição aos padrões nacionais adotados pelo INEA, determinados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 03/1990;
- Os efeitos para a saúde humana decorrentes da exposição da população a níveis do poluente $MP_{2,5}$ que excedam o preconizado pela OMS, considerando-se a mortalidade geral e internações atribuíveis à poluição e o DALY (*Disability Adjusted Life Years*), anos de vida perdidos por mortalidade precoce e vividos com incapacidade relacionados às doenças isquêmicas cardiovascular e cerebrovascular, doenças pulmonares obstrutivas crônicas, pneumonia e câncer de pulmão – associadas aos efeitos da poluição atmosférica;
- Os gastos com saúde pública relacionados às internações hospitalares pelas doenças mencionadas em função da poluição atmosférica pelo poluente $MP_{2,5}$.

Objetivo secundário:

Espera-se que os resultados desta pesquisa venham a contribuir para a revisão dos padrões de qualidade de ar da Resolução CONAMA nº 03/1990 e a elaboração de uma política nacional de redução dos poluentes.

3 METODOLOGIA

A metodologia baseia-se em 3 etapas: cálculos ambientais, epidemiológicos e econométricos. São empregadas diferentes ferramentas metodológicas para a análise da poluição atmosférica no Estado do Rio de Janeiro, seus efeitos sobre a saúde e gastos decorrentes destes efeitos a partir da utilização dos padrões de poluição adotados pela Organização Mundial de Saúde, ao invés dos padrões da Resolução CONAMA nº 03/1990.

As informações necessárias para alcançar os objetivos acima foram obtidas dentro de bases de informações já disponíveis e acessíveis.

3.1 CÁLCULO AMBIENTAL

O Instituto Estadual do Ambiente, INEA, do governo do Estado do Rio de Janeiro, monitora a qualidade do ar no Estado desde 1967 (INEA, 2013).

Para a realização do cálculo ambiental, foram utilizados os dados horários de concentração atmosférica de material particulado inalável (MP_{10}) da rede automática de monitoramento do ar do Estado do Rio de Janeiro, referente aos anos de 2006 a 2012, obtidos de forma eletrônica, via *e-mail* a partir de requerimento enviado ao INEA no dia 25 de outubro de 2013.

Ressalta-se que foram recebidos somente os dados das estações que atenderam ao critério de representatividade estatística igual a 75% de dados horários válidos, condição utilizada pelo INEA para caracterização da qualidade do ar na área de abrangência de cada estação (INEA, 2013).

Optou-se pela rede automática de monitoramento devido à maior abrangência temporal dos dados gerados por esta rede. As estações automáticas caracterizam-se pela capacidade de geração contínua de médias horárias da concentração de poluentes, diferentemente das estações semiautomáticas, que realizam medições durante 24 horas a cada 6 dias. Todos os dados obtidos pelas estações da rede automática são transmitidos em tempo real para a central telemétrica do INEA , que realiza a validação; e, em seguida, são armazenados no banco de dados do órgão.

Segundo o último Relatório bianual disponível no website do INEA (Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2010 e 2011) (INEA 2013), o INEA monitora a qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro através da sua Rede de Monitoramento composta por 80 estações, das quais 39 (46,9%) são automáticas e 41 (53%) semiautomáticas. Das estações automáticas 5 são públicas e 34 privadas e das semiautomáticas, 5 são privadas e 36 públicas.

Embora ocorra o monitoramento em 80 estações, é importante chamar a atenção para o fato que nem todas monitoram todos os poluentes. Como exemplo, podemos citar o monitoramento de MP_{10} em 54 e de O_3 em apenas 30 estações. Há 18 estações (todas semiautomáticas) que monitoram o $MP_{2,5}$, sendo a sua maioria localizada também na RMRJ.

O material particulado fino ($MP_{2,5}$), no período considerado, era apenas monitorado pela rede semiautomática. Portanto apenas dados de monitoramento das partículas inaláveis, MP_{10}, da Rede Automática, foram incluídos no estudo. As medidas são realizadas pelo método de radiação Beta.

Dessa maneira, as médias diárias e anuais de $MP_{2,5}$ foram calculadas a partir das concentrações de $MP_{10,}$ adotou-se a mesma proporção de 60% da razão $MP_{2,5}/MP_{10}$, utilizada no estudo realizado para o Estado de São Paulo (VORMITTAG et al., 2013). A OMS estima que as concentrações de MP_{10} podem conter de 30 a 80% de $MP_{2,5}$, a depender das características da localização geográfica, fontes de emissão, etc. (WHO, 2006).

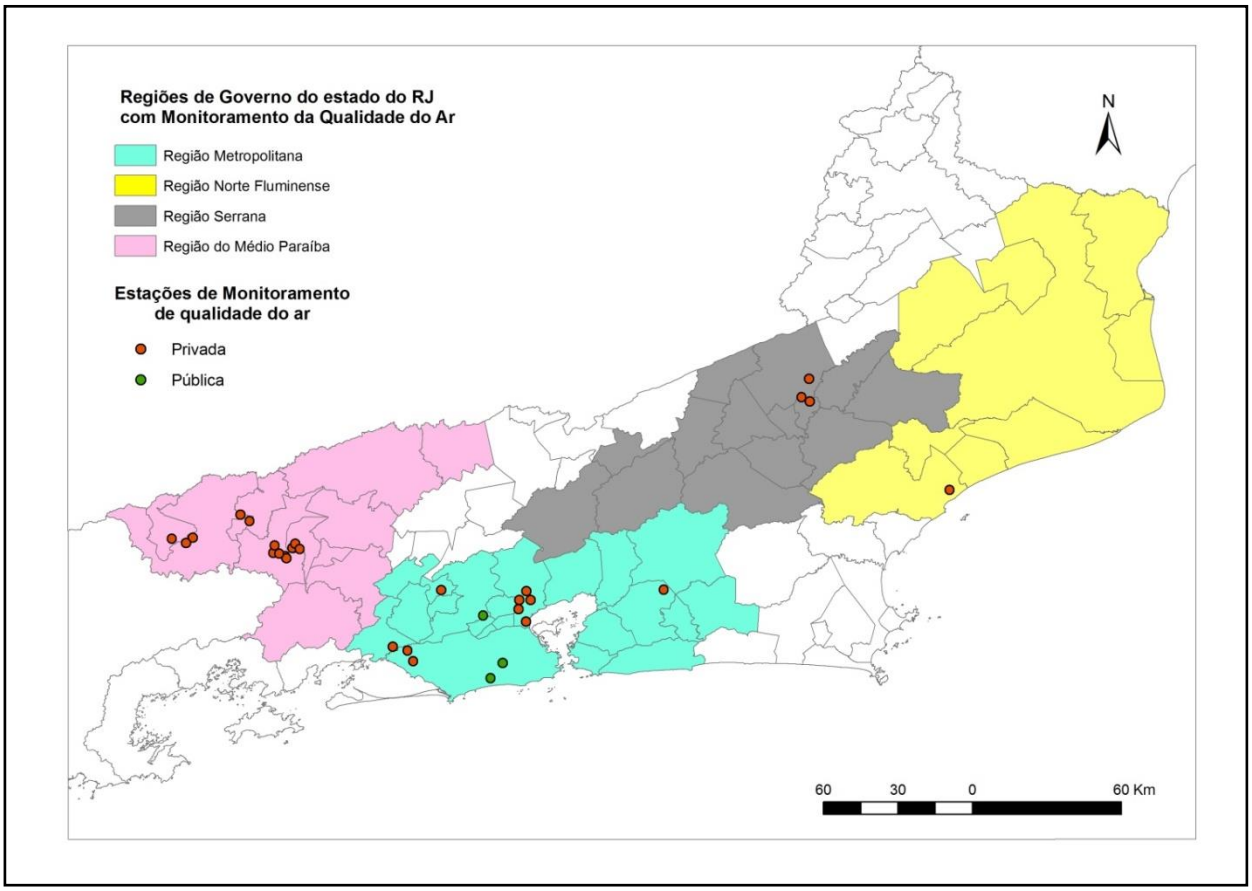
Utilizaram-se os dados horários para obtenção das medidas de média diária e a partir das médias diárias foram realizados todos os cálculos, como, por exemplo, a média anual da estação ano a ano, 2006 a 2012, bem como para diferentes combinações de estações a depender da área geográfica almejada.

De modo a enriquecer a análise, as estações foram categorizadas de acordo com sua localização geográfica: respectivos municípios, regiões de governo - Médio Paraíba (RMP), Metropolitana (RMRJ), Norte Fluminense (RNF) e Serrana (RS), mesma classificação utilizada pelo INEA; e Estado do Rio de Janeiro (ERJ).

Estações estudadas:

As estações incluídas no estudo, localizadas em seus respectivos 15 municípios e regiões de governo, estão demonstradas na Figura 2 e Tabela 4 abaixo. O INEA identificou estas regiões de governo como prioritárias para o monitoramento devido à sua grande concentração populacional e grande quantidade de emissões proveniente de fontes fixas (indústrias) e móveis (veículos) (INEA, 2013). Mais da metade das estações (46) está concentrada na RMRJ.

Figura 2 - Regiões de governo do Estado do Rio de Janeiro com as estações de monitoramento da qualidade do ar do INEA incluídas no estudo



Fonte: INEA (2013) e CEPERJ (2014).

A Tabela 4 a seguir traz as 30 estações incluídas no presente estudo, anos 2006 a 2012, com a categorização de acordo com as regiões de governo, municípios e gerência a que pertencem:

Tabela 4 - Estações incluídas no estudo, municípios e regiões de governo.

Regiões de governo	Municípios	Estações	Gerência	Anos						
				2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ)	Nova Iguaçu	NI - Monteiro Lobato	Pública					■	■	■
	Rio de Janeiro	RJ - Lab. INEA								■
		RJ - Taquara			■	■	■			
		SC - Adalgisa Nery	Privada				■	■	■	■
		SC - Largo do Bodegão					■	■	■	■
	Itaboraí	Itb - Sambaetiba								■
	Duque de Caxias	DC - Campos Elíseos		■	■	■	■			■
		DC - Pilar		■	■	■	■	■	■	
		DC - Jardim Primavera		■	■	■		■		■
		DC - São Bento			■	■	■	■		■
		DC - Vila São Luiz			■		■	■	■	
	Japeri	Jp - Engenheiro Pedreira								■
	Itaguaí	Itg - Monte Serrat					■	■	■	■
Região do Médio Paraíba (RMP)	Volta Redonda	VR - Belmonte			■	■	■	■		■
		VR - Retiro		■	■	■		■	■	■
		VR - Santa Cecília		■	■	■	■	■	■	■
	Porto Real	PR - Porto Real					■	■	■	■
	Quatis	Qt - Bom Retiro					■	■	■	■
	Itatiaia	Itt - Campo Alegre						■	■	■
	Resende	Rs - Cidade Alegria							■	■
		Rs - Casa da Lua						■		■
	Barra Mansa	BM - SESI		■	■	■				
		BM - Boa Sorte		■	■	■	■	■		
		BM - Bocaininha			■	■	■	■	■	
		BM - Roberto Silveira			■	■	■	■		
		BM - Vista Alegre				■		■		
Região Norte Fluminense (RNF)	Macaé	Mc - Cabiúnas							■	■
Região Serrana (RS)	Cantagalo	Cg - Val Palmas							■	
		Cg - Euclidelândia								■
	Macuco	Ma - Macuco								■
TOTAL	15	30	-	7	13	13	15	19	15	21

A partir da tabela anterior, é possível verificar que foram incluídas 30 estações no estudo (76.9% das automáticas do ERJ - 30/39 e 55,5% das que monitoram MP10 do ERJ -30/54), sendo apenas três públicas e 27 privadas que foram implementadas por empreendimentos industriais e de infraestrutura por força do licenciamento ambiental. Embora tenham sido incluídas 30 estações, o número delas avaliadas diferem a cada ano, entre 7 estações em 2006 a 21, em 2012.

As quatro regiões de governo consideradas no presente estudo possuem juntas 14.752.684 habitantes, o que representa 90% da população de todo o ERJ (IBGE, 2014), frota total de 4.283.391 veículos (DENATRAN, 2014) e 15.208 indústrias (IBGE, 2014).

O website do INEA também foi estudado. O mapa com a localização das estações pode ser acessado no Relatório anual (INEA, 2013). Os dados sobre os poluentes são dispostos por boletins diários de qualidade do ar e relatórios anuais, denominados "Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro", de 2007 a 2009 e 2013 (tomando 2010 e 2011 como anos base). Os relatórios apresentam a configuração das redes de monitoramento, bem como os dados coletados pelas estações de monitoramento, levando em consideração a representatividade, número de observações, etc. Trazem uma avaliação da qualidade do ar sob a luz dos padrões nacionais de qualidade do ar (estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990) e analisam o número de ultrapassagens ao longo do ano.

3.2 CÁLCULOS EPIDEMIOLÓGICO E ECONOMÉTRICO

O objetivo dessa seção é estimar a contribuição do material particulado $MP_{2,5}$ sobre mortes e internações da rede pública de saúde no Estado do Rio e Janeiro entre 2006 e 2012, bem como a carga de doenças atribuíveis à poluição pelo método DALY (*Disability Adjusted Life-Years*).

3.2.1 Cálculo de mortes, internações públicas e gastos com internações atribuíveis ao $MP_{2,5}$

O cálculo da carga de doenças atribuíveis à poluição segue metodologia proposta pela Organização Mundial de Saúde segundo comunicação direta com o grupo do *Environmental Burden of Disease* da mesma instituição[1]. Nessa metodologia, estima-

[1] A fim de verificar a diferença entre a metodologia feita para o Estado de São Paulo e Rio de Janeiro, ver Nota Metodológica sobre estimativa da carga de doenças para Rio de Janeiro e São Paulo do Instituto (2014) – apresentado no final deste Relatório como Anexo 1.

se a fração atribuível à poluição, a partir da função do risco relativo e, então, o número atribuível de mortes e internações.

A função de risco relativo utilizada corresponde à função:

$$RR = \left[\frac{\left(PM_{2,5}^{Observado} + 1\right)}{\left(PM_{2,5}^{Padrão} + 1\right)} \right]^{beta} \quad (1)$$

O padrão de qualidade do ar utilizado no cálculo do risco relativo corresponde a 10 µg/m3, recomendado pela OMS média anual de $MP_{2,5}$. A fração atribuível é dada por:

$$FA = \frac{(RR - 1)}{RR} \quad (2)$$

O número atribuível de mortes e internações pela causa z no tempo t, decorrente da poluição, então, é dado por:

$${}_{n}O_{x}^{Atribuível,z,t} = O^{z,t} * FA \quad (3)$$

O parâmetro beta utilizado para cada uma das causas de morte e internações pode ser encontrado na Tabela 5:

Tabela 5 - Parâmetro beta utilizado no cálculo do risco relativo de mortalidade

Causas de morte	Beta	Fonte
Cardiovascular	0,155	Pope et al. (2002)
Câncer de pulmão	0,232	Pope et al. (2002)
Doenças respiratórias em idosos	0,155	Pope et al. (2002)
Doenças respiratórias em crianças	0,091	Pope et al. (2002)
Todas as causas	0,06	WHO (2005)
Causas de morbidade	**Beta**	**Fonte**
Cardiovascular	0,18	Pope (2004)
Câncer de pulmão	0,4	Nielsen (2013)
Doenças respiratórias em idosos	0,31	Cançado (2006)
Pneumonia em crianças	0,214	Cançado (2006)

Para o cálculo do valor total das internações, o valor médio das internações em cada grupo etário foi multiplicado pelo número de internações atribuíveis à poluição em cada ano, resultantes das estimativas obtidas em (3) para as internações hospitalares:

$$G^{z,t} = \sum_{x} {}_{n}GMe_{x}^{z,t} * {}_{n}I_{x}^{Atribuível,z,t} \qquad (4)$$

Os gastos médios com internações para cada uma das causas correspondem aos preços correntes em cada ano.

3.2.2 O método DALY

O método DALY, ou *Disability Adjusted Life Years*, foi calculado da mesma forma que para o relatório de São Paulo (VORMITTAG et al, 2013). É um método desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde em conjunto com a Universidade de Harvard para mensurar a carga de doenças em populações (MURRAY & LOPEZ, 1996). Este método conjuga dois componentes que contemplam a mortalidade prematura (YLL) e tempo vivido com incapacidade (YLD):

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD} \qquad (5)$$

O YLL corresponde aos anos de vida perdidos de forma prematura. Tradicionalmente, ele é calculado como o total de mortes em cada grupo etário multiplicado pela esperança de vida no mesmo grupo etário:

$$YLL_x = M_x * e_x^* \qquad (6)$$

Onde:

YLL_x = anos de vida perdidos na idade x, ou *Year Life Lost*, na sigla em inglês,

M_x = número total de mortes no grupo etário x,

e_x^* = esperança de vida padrão no grupo etário x. A esperança de vida padrão corresponde ao nível 26, do modelo Oeste das tábuas de vida modelo, em que a esperança de vida feminina é de 82,5 anos, correspondente à esperança de vida mais alta encontrada até hoje, que representa a esperança de vida feminina do Japão.

A soma de todos os YLL em cada grupo etário corresponde, então, ao total de anos de vida perdidos prematuramente.

O YLD, sigla que significa *Years Lived with Disabilibity*, corresponde aos anos vividos com incapacidade, e é calculada pela seguinte fórmula segundo o estudo da Global Burden of Disease (MURRAY& LOPEZ, 1996):

$$YLD_x = I_x * PI_x * t_x \qquad (7)$$

Onde:

I_x = número de casos de doenças (incidência ou prevalência) no grupo etário x,

PI_x = peso da incapacidade no grupo etário x,

t_x = duração média da incapacidade no grupo etário x

O DALY, ou tanto pode ser expresso como números absolutos quanto relativo ao tamanho da população. Neste caso, o DALY é dividido pela população total da localidade de estudo, e expresso como um valor por 1000 habitantes. O resultado expressa os anos perdidos por habitante em função da mortalidade prematura ou incapacidade.

3.2.3 Banco de dados

Para o cálculo do número de mortes foram utilizadas as informações do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) disponível no DATASUS, por grupos etários quinquenais, para os anos de 2006 e 2012.

Para as informações de internações hospitalares da rede pública, foram utilizadas as informações do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), também por grupos etários quinquenais, no mesmo período. O banco de dados do SIH contempla apenas as internações cobertas pela rede pública de saúde. Segundo informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2008[2]. O valor médio das internações em cada grupo etário também foi obtido dessa mesma fonte de dados, a partir da variável “valor médio intern”.

As informações sobre mortalidade e internações hospitalares incluem as seguintes doenças:

[2] Último período com informações de base populacional que permitem conhecer o percentual de pessoas que se internam na rede pública de saúde.

Tabela 6 - Grupos de causas de mortalidade e internações hospitalares incluídos nas projeções – Rio de Janeiro, 2012

Mortalidade	Grupos CID-10	Grupos etários
1) Todas as mortes	Todos (capítulo I a XVI da CID-10)	Todos
2) Câncer	Neoplasias malignas do aparelho respiratório e órgãos intratorácicos	40 anos e mais
3) Cardiovascular		
Cerebrovascular	Circulatório: Doenças cerebrovasculares	40 anos e mais
DIC	Doença isquêmica do coração	40 anos e mais
4) Resp_crianças		
Resp_crianças	Outras infeccoes agudas das vias aéreas inferiores	Até 5 anos
Pneumonia	Pneumonia e influenza	Até 5 anos
5)Resp_adultos		
DCVAI	Doenças crônicas das vias aéreas inferiores	60 anos e mais
Pneumonia	Pneumonia e influenza	60 anos e mais
Internações e gastos	**Grupos CID-10**	**Grupos etários**
1) Câncer	Neoplasia maligna de traquéia brônquios e pulmões	40 anos e mais
2) Cardiovascular		
AVC	Acid vascular cerebr não espec hemorrág ou isquêm	40 anos e mais
HI	Hemorragia intracraniana	
IAM	Infarto agudo do miocárdio	
IC	Infarto cerebral	
ODIC	Outras doenças isquemicas do coração	
3) Resp_crianças		
Pneumonia	Pneumonia	Até 5 anos
4)Resp_adultos		
	Bronquite enfisema e outr doenç pulm obstr crônic,	60 anos e mais
	Asma	
	Pneumonia	60 anos e mais

Fonte: Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) e Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS).

4 RESULTADOS

Os resultados da presente pesquisa são apresentados de acordo com as interfaces ambiental, epidemiológica e econométrica. Primeiramente, são apresentados os dados obtidos a partir do cálculo ambiental, de forma a se traçar o panorama da poluição atmosférica por $MP_{2,5}$ no ERJ. Posteriormente, são apresentados os dados epidemiológicos e econométricos, decorrentes da poluição atmosférica.

4.1 RESULTADOS AMBIENTAIS

Os dados resumidos encontram-se na Tabela 7: Estações automáticas representatividade, número de observações no ano, média anual de $MP_{2,5}$ e medida máxima de $MP_{2,5}$ no ano, para os anos 2006 a 2012.

As células em branco significam que não havia estação. O número de observações significa o número de dias de medidas válidas.

Todas as estações em todos os anos, 2006 a 2012, apresentam média anual de $MP_{2,5}$ acima de 10 µg/m³, nível recomendado pela OMS, acima do qual haveria efeitos sobre a saúde de longo prazo, com exceção da estação Monteiro Lobato em Nova Iguaçu em 2012.

Por exemplo, a média anual da estação Belmonte de Volta Redonda é 24,44 µg/m³ em 2012.

O que significa?

Se uma medida de média anual é 24,44 µg/m³ e o padrão é 10 µg/m³, significa que os habitantes desta região respiraram 144% a mais do poluente do que se poderia para não correr o risco para sua saúde. Poder-se-ia dizer, de outra forma, que neste ano os habitantes respiraram 1,4 vez a mais o que poderiam em um ano (10 µg/m³) ou respiraram em um ano, o equivalente a 2 anos e 3 meses.

Lembrando que o efeito para a saúde dependerá de uma série de fatores, como a idade, condições imunológica e de saúde prévia, etc. Há uma população mais ou menos sensível aos efeitos tóxicos da poluição do ar. Além disso, como apontado pela

OMS, mesmo abaixo de 10 µg/m³, não se pode assegurar que não haverá efeitos tóxicos em indivíduos mais vulneráveis.

Além da média anual, outra medida para a avaliação da qualidade do ar de uma região é a máxima anual. O valor máximo anual mostra a maior média diária do poluente no ano. Ou seja, refere-se ao maior valor médio do dia, em 24 horas, durante o ano. Nesse caso deve-se usar o padrão do poluente para 24 horas que é 25 µg/m³.

Por exemplo, a máxima anual da estação Porto Real de Porto Real é 253,52 µg/m³ em 2012.

O que significa?

Se uma medida de média diária é 253,52 µg/m³ e o padrão é 25µg/m³, significa que os habitantes desta região respiraram 914% a mais do poluente do que se poderia para não correr o risco para sua saúde. Poder-se-ia dizer, de outra forma, que neste dia os habitantes respiraram 9 vezes a mais o que poderiam em um dia (25 µg/m³) ou respiraram em um dia, o equivalente a 10 dias.

Os dados da Tabela 7 serão analisados pormenorizadamente ao longo do texto.

Tabela 7 - Estações, nº de observações, médias e máximas anuais de $MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)

Estação	2006			2007			2008			2009			2010			2011			2012		
	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual
BM-Boa Sorte	355	24,84	86,46	328	25,61	85,86	347	21,47	59,1	340	20,14	40,31	319	21,54	51,44						
BM-Bocaininha				322	22,67	70,72	325	18,01	47,33	355	18,62	61,34	353	23,13	66,8	302	21,85	53,37			
BM-Roberto Silveira				344	25,11	69,21	313	23,69	78,87	349	20,48	82,91	351	24,5	63,72						
BM-SESI	305	29,42	69,7	333	33,19	106,23	305	28,98	67,78												
BM-Vista Alegre							304	27,26	69,52				346	24,25	70,77						
Cg-Euclidelândia																			354	12,65	51,89
Cg-Val Palmas																320	18,56	48,13			
DC-Campos Elíseos	361	31,04	119,89	353	24,31	86,12	363	22,7	61,08	340	29,79	78,79							331	32,26	88,71
DC-Jardim Primavera	364	17,31	75,44	339	23,37	63,51	354	23,05	65,5				326	14,15	67,08				366	35,93	107,08
DC-Pilar	347	23,12	99,37	357	24,82	87,01	295	25,21	59,15	357	33	480	363	25,76	81,7	301	24,72	63,5			
DC-São Bento				356	25,3	82,94	355	22,12	64,2	355	24,85	144,87	360	23,29	68,68				363	30,69	591
DC-Vila São Luiz				303	26,5	68,83				329	24,61	107,08	296	28,34	88,32	306	27,99	62,35			
Itb-Sambaetiba																			357	31,53	241,64
Itg-Monte Serrat										362	21,01	59,14	348	17,88	49,18	337	19,26	46,03	363	19,3	52,41
Itt-Campo Alegre													343	18,13	47,45	325	22,89	49,8	356	19,65	50,15

Estação	2006			2007			2008			2009			2010			2011			2012		
	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual	Nº de observações	Média anual	Máximo anual
Jp-Engenheiro Pedreira																			345	18,26	65,27
Ma-Macuco																			293	26,82	130,71
Mc-Cabiúnas																278	10,93	34,1	365	11,83	46,1
NI-Monteiro Lobato													344	32,99	123,12	262	31,38	89,97	275	3,99	117,5
PR-Porto real										363	14,24	34,28	363	17,78	44,5	326	19,9	50,2	290	22,27	253,,62
Qt-Bom Retiro										354	11,88	28,27	360	12,73	40,23	342	14,75	40,68	358	15,8	47,62
RJ-Lab. INEA																			301	13,8	115,17
RJ-Taquara				314	17,05	39,03	323	14,42	35,99	346	13,78	42,69									
Rs-Casa da Lua													294	19,85	60,28				350	14,45	44,22
Rs-Cidade Alegria																319	25,64	62,32	355	17,14	50,17
SC-Adalgisa Nery										346	16,58	53,07	340	17,89	45,48	363	20,63	46,65	366	18,04	49,57
SC-Largo do Bodegão										346	19,16	44,2	348	21,19	72,56	363	25,6	58,14	356	26,64	69,36
VR-Belmonte	364	22,4	65,93	364	27,16	60,52	363	22,96	61,91	344	19,87	46,43	330	23,77	63,08				361	24,44	55,04
VR-Retiro	365	16,37	44	361	20,86	62,81	366	18,33	44,62				351	19,75	84,15	348	20,69	47,35	358	17,36	40,81
VR-Santa Cecília	365	15,6	59,76	363	18,05	58,97	363	16,11	44,41	337	14,26	14,26	342	16,48	53,69	352	15,29	38,68	350	14,4	50,18

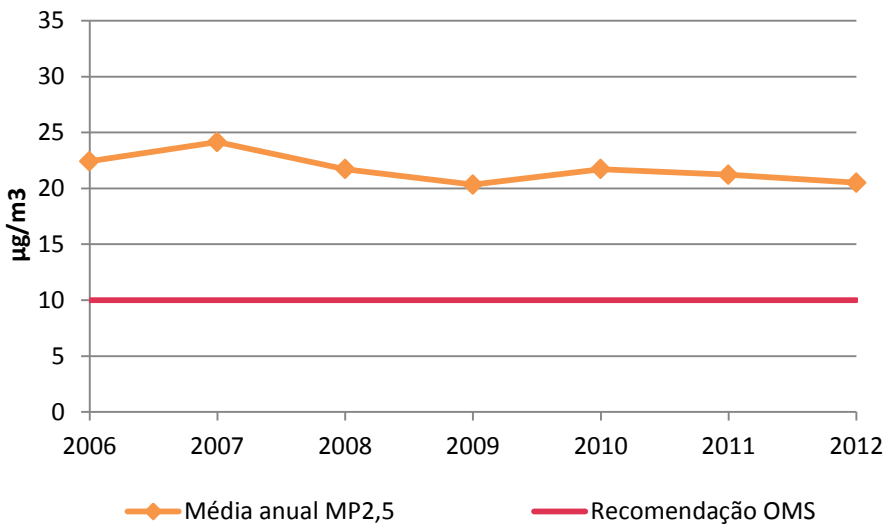
Iniciando o olhar pelo Estado do Rio de Janeiro, apresenta-se as médias anuais de $MP_{2,5}$ de todas as estações e para os anos 2006 a 2012 na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ no Estado do Rio de Janeiro

Ano	Média anual ($\mu g/m^3$)
2006	22,43
2007	24,14
2008	21,73
2009	20,34
2010	21,73
2011	21,22
2012	20,51

O nível de poluição por $MP_{2,5}$ no ERJ, no período de 2006 a 2012, está acima do recomendado da OMS, média anual 10 $\mu g/m^3$. No Gráfico 1 é possível se observar traçado relativamente linear das médias anuais nos anos considerados:

Gráfico 1 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ do ERJ



O traçado indica uma tendência estável dos níveis de poluição, embora em patamares elevados.

Na Tabela 9 e nos Gráficos 2 e 3 a seguir constam as médias anuais de $MP_{2,5}$ para cada uma das regiões de governo; a partir dos gráficos, é possível visualizar o comportamento das médias no período considerado.

Tabela 9 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ das regiões de governo do Rio de Janeiro.

Região de governo	Média anual (µg/m³)						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
RMP	21,58	24,58	21,87	17,48	20,12	20,02	18,12
RMRJ	23,82	23,62	21,5	22,86	23,94	24,59	23,64
RNF	-	-	-	-	-	10,93	11,83
RS	-	-	-	-	-	18,56	19,07

Gráfico 2 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ das regiões de governo do ERJ

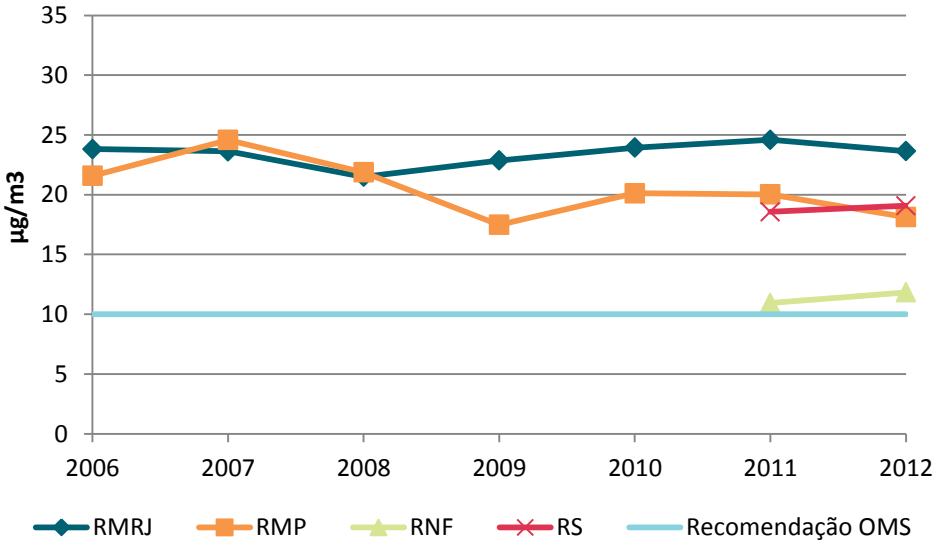
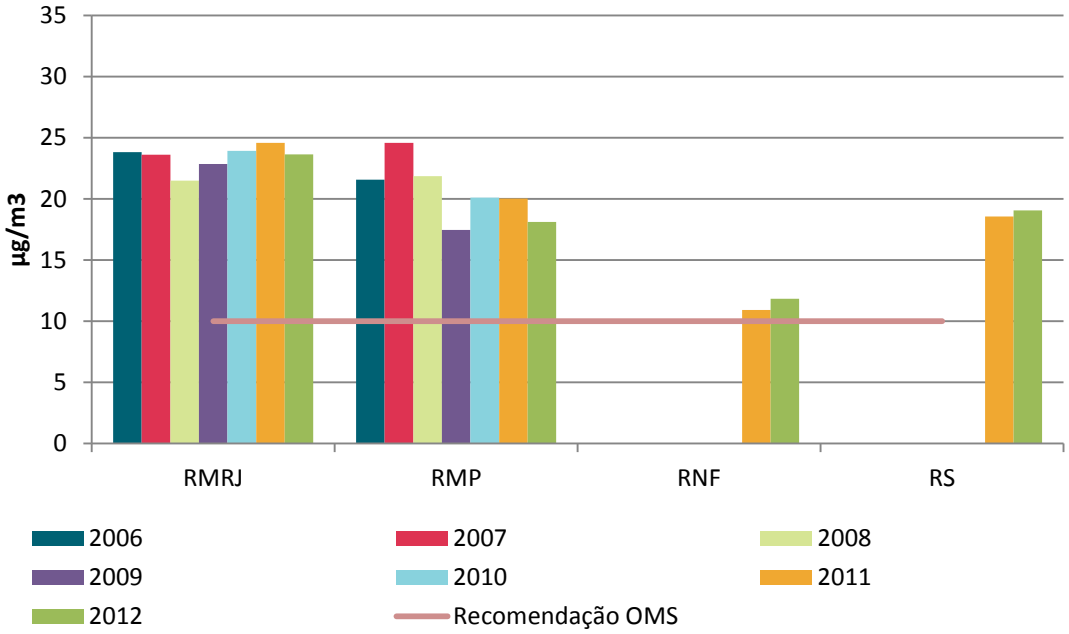


Gráfico 3 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ das regiões de governo do ERJ



Nota-se que todas as regiões de governo se situam acima do padrão de 10 µg/m^3 recomendado. A RMRJ apresenta os maiores níveis de poluição por $MP_{2,5}$ que as demais regiões e, inclusive, acima da média do Estado, com uma tendência de aumento de poluição interrompida em 2012.

No interior do Estado podemos considerar a emissão de MP proveniente de veículos nas cidades, polos industriais e a queima de cana de açúcar.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) apresenta uma população de 12.177.232 habitantes (IBGE, 2014), ou 74,3 % do total do Estado. Apesar de ser a região com maior número de indústrias, a RMRJ tem a maior parte do seu PIB baseado na prestação de serviços. Do ponto de vista industrial, destacam-se os municípios de Duque de Caxias, com importante polo petroquímico, indústrias químicas e de plástico; Itaboraí, com a implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro; e Itaguaí e seus arredores, com a instalação da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CEPERJ, 2014). Embora a RMRJ possua um número considerável de fontes fixas, estas contribuem apenas com 22% da emissão de poluentes na região. As fontes móveis, em especial os veículos automotores, são as principais fontes poluidoras na região, tendo uma contribuição de 77% do total de emissões atmosféricas segundo o último inventário de

emissões da RMRJ (FEEMA, 2007). Nesta região se concentra 71,4% dos veículos de todo Estado - uma frota de 4.137.886 veículos (DENATRAN, 2014).

As estratégias para a redução da poluição nesta região devem estar focadas nos veículos, promovendo o uso eficiente de combustíveis e mobilidade urbana sustentável.

O Gráfico 3 mostra que a RMP, embora nos primeiros anos acompanhe as medidas de poluição da RMRJ, apresenta uma queda posteriormente. A RMP é caracterizada pela intensa atividade industrial, principalmente no eixo constituído por Resende, Barra Mansa e Volta Redonda. Nesta última, a Companhia Siderúrgica Nacional exerce importante papel no setor industrial desde 1940, valendo ao município o nome de "cidade do aço". O setor automobilístico merece destaque nos municípios de Resende e Porto Real, que também se constituem como fortes polos industriais (CEPERJ, 2014). Segundo a CEPERJ (2014), "a industrialização da Região gera uma série de problemas, com a consequente perda da qualidade de vida da população, retratada na expansão de submoradias e de periferias subequipadas, além da poluição do ar e do Rio Paraíba do Sul" explicando os motivos para os elevados níveis de poluição. Outros municípios, como Quatis, apesar de serem predominantemente rurais, apresentam condições desfavoráveis para a dispersão de poluentes, como a presença de montanhas e vegetação em seus arredores (INEA, 2013).

As RS e RNF possuem dados de monitoramento de apenas dois anos; a indisponibilidade de dados para os anos anteriores impossibilita a avaliação do comportamento da poluição. Em ambas se nota o leve aumento da poluição em 2012. A Região Serrana (RS) é caracterizada economicamente pelo setor agropecuário, especialmente nos municípios de Nova Friburgo e Teresópolis. A atividade industrial é a segunda em ordem de importância, com grande número de indústrias concentradas em Nova Friburgo e Petrópolis; merecem destaque os municípios de Cantagalo e Macuco, que possuem atividade industrial significativa relacionada à produção de cimento e fabricação de artefatos de concreto.

Embora acima do padrão, a RNF apresenta níveis de poluição muito próximos do recomendado pela OMS. A RNF é tradicionalmente voltada para a agroindústria, principalmente a cana de açúcar, porém a indústria tem crescido substancialmente, em especial a indústria de gás e petróleo e termelétricas. Esta região está representada

apenas por uma estação, localizada em Macaé, município que merece destaque, pois o crescimento da indústria petroquímica tem possibilitado um intenso crescimento econômico do município, que se constitui como um polo nas regiões norte e noroeste fluminense (CEPERJ, 2014). Apesar do crescimento da indústria, contribui para a emissão de poluentes também a queima sazonal da cana, setor ainda marcante para a economia da região.

Na Tabela 10 observa-se detalhadamente as médias anuais de $MP_{2,5}$ para os municípios incluídos no estudo.

Tabela 10 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ dos municípios

Municípios	Médias anuais (µg/m³)						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Barra Mansa	27,31	26,67	23,74	20,23	23,35	21,85	-
Cantagalo	-	-	-	-	-	18,56	12,65
Duque de Caxias	23,82	24,82	23,18	28,12	25,44	26,37	33,23
Itaboraí	-	-	-	-	-	-	31,53
Itaguaí	-	-	-	21,01	17,88	19,26	19,31
Itatiaia	-	-	-	-	18,14	22,89	19,65
Japeri	-	-	-	-	-	-	18,27
Macaé	-	-	-	-	-	10,93	11,83
Macuco	-	-	-	-	-	-	26,83
Nova Iguaçu	-	-	-	-	32,99	31,38	4,00
Porto Real	-	-	-	14,25	17,79	19,9	22,27
Quatis	-	-	-	12,22	12,73	14,75	15,8
Resende	-	-	-	-	19,85	25,64	15,81
Rio de Janeiro	-	17,05	14,42	16,51	19,56	23,12	19,79
Volta Redonda	18,10	22,03	19,13	17,71	19,95	17,98	18,79

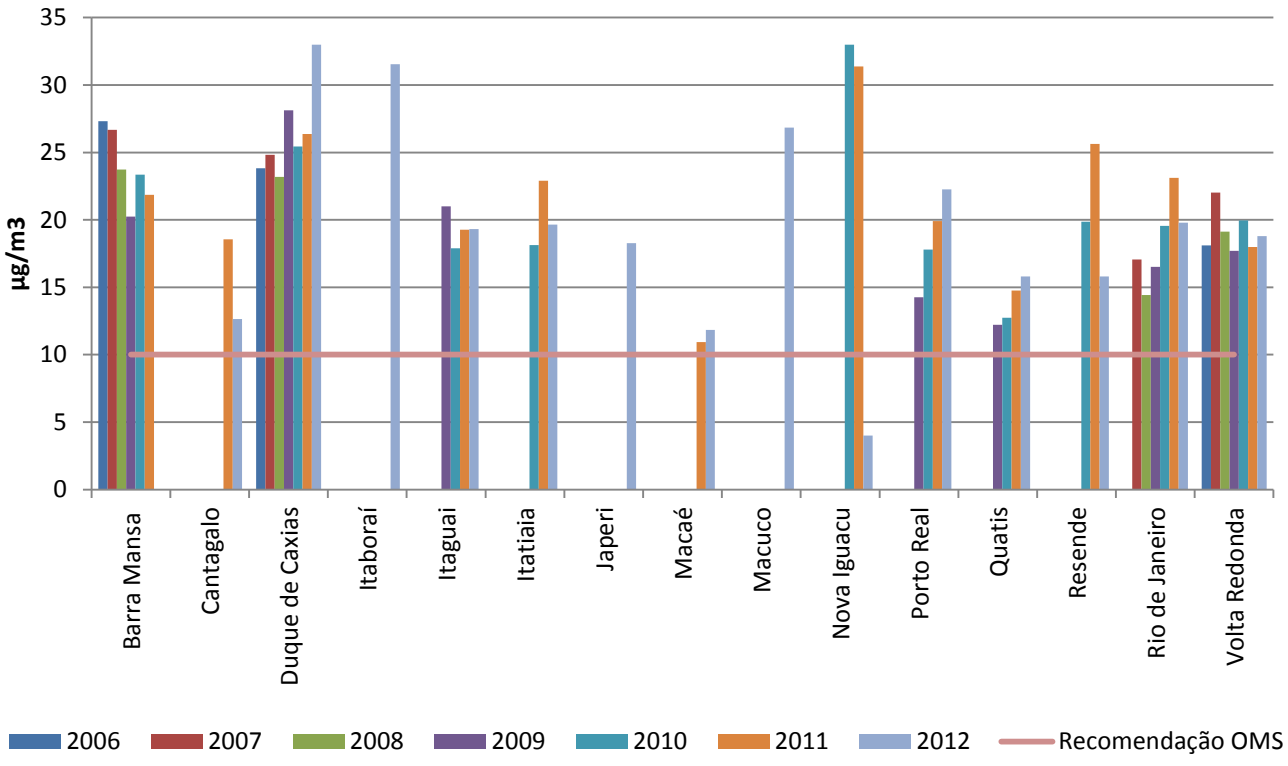
Sob o prisma das cidades, observa-se que todos os municípios, para todos os anos, 2006 a 2012, também apresentam médias anuais de $MP_{2,5}$ acima da recomendação da OMS, com exceção, como já mencionado, de Nova Iguaçu, que em 2012 apresenta a média de 4 µg/m³. O mesmo município – Nova Iguaçu, apresenta a maior medida em 2010 e 2011 e a menor no ano seguinte, em 2012. Neste estudo, o município de Nova Iguaçu foi representado por apenas uma estação, automática e pública, Monteiro Lobato, o que impede uma comparação com outras medidas no mesmo local. Embora no final de 2014, pela indisponibilidade do Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2012, não publicado no website do INEA,

também houve o impedimento de comparação com resultados de outras estações, ainda que semiautomáticas no mesmo local ou próximas. Houve também a preocupação de se reanalisar os dados horários originais enviados pelo INEA e os diários calculados, constatando-se que as médias horárias e diárias da estação apresentaram valores baixos ao longo de todo o ano, porém com alguns picos muito altos ou baixos isolados de níveis de médias diárias de $MP_{2,5}$ de 117, 49 ou 0,32 µg/m^3.

Os dados da Tabela 10 são bem ilustrados no Gráfico 4.

Verifica-se a existência de grande heterogeneidade nas medidas ao longo dos anos, seja no próprio município ou entre eles, no aumento e diminuição das médias anuais de $MP_{2,5,}$ dificultando a análise. Uma possibilidade é a variabilidade climática do Estado, explicada pelo Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ, 2014). Condições climáticas distintas para as diferentes regiões de governo e municípios têm influência na dispersão ou concentração de poluentes atmosféricos.

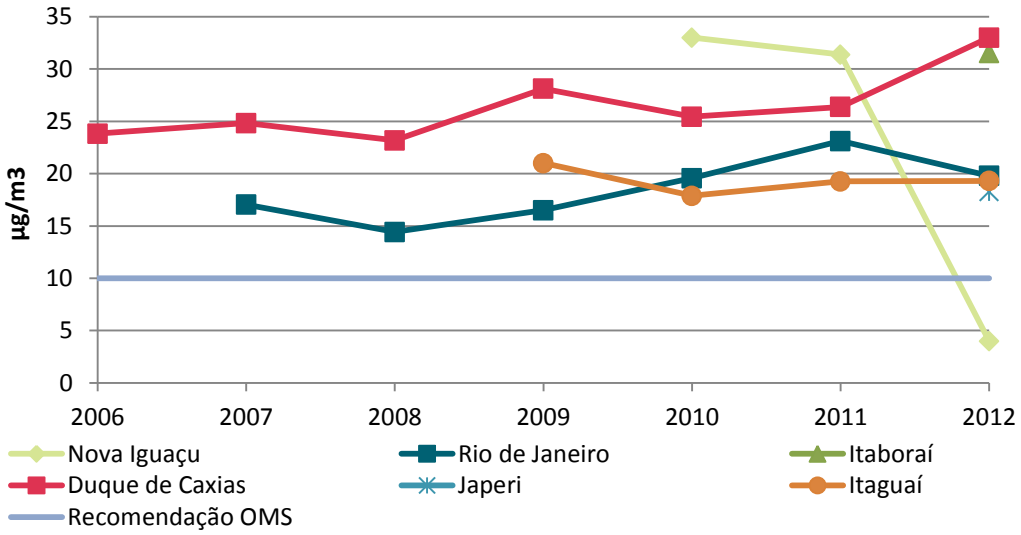
Gráfico 4 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ de todos os municípios analisados.



Os municípios que apresentam o maior nível de concentração do poluente, acima de 3 vezes o padrão da OMS, estão localizados na RMRJ, são: Nova Iguaçu em 2011 e Duque de Caxias e Itaboraí em 2012, devido respectivamente à indústria de siderurgia, ao polo petroquímico de Campos Elíseos acompanhado ao intenso tráfego na Rodovia Washington Luiz e à indústria petroquímica (INEA, 2013).

Esses dados também podem ser interpretados no Gráfico 5. Nele, se pode observar melhor os altíssimos níveis de poluição das três cidades mencionadas acima, e particularmente a cidade Rio de Janeiro, que apresenta um comportamento um pouco diferente do que as médias descritas para o Estado e RMRJ. A poluição na cidade vem aumentando desde 2008 até 2011.

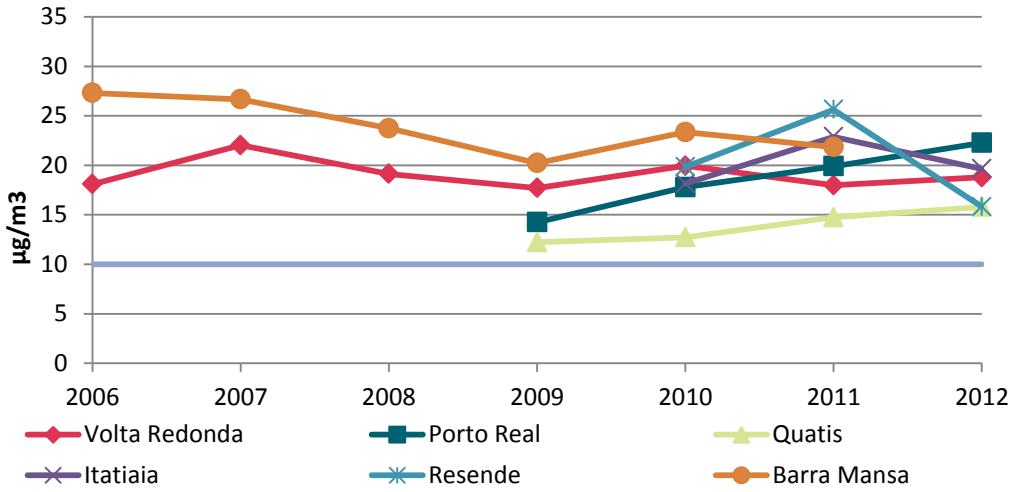
Gráfico 5 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ dos municípios da RMRJ



O Gráfico 6 apresenta as médias anuais dos municípios que constituem a RMP, e evidencia que no período considerado todos apresentaram médias anuais de $MP_{2,5}$ acima do recomendado pela OMS. Até 2009 se observa medidas para dois municípios, Barra Mansa e Volta Redonda, e de 2006 a 2010 o município de Barra Mansa apresenta as maiores concentrações médias de $MP_{2,5}$. A partir de 2009 inicia-se o monitoramento em outras cidades, como Itatiaia, Porto Real e Resende, onde se observa medidas similares ou até mais altas do que as primeiras. Além disso, desde 2009 os municípios

de Quatis e Porto Real apresentam, ano a ano, aumento das concentrações anuais, chamando a atenção para a continuidade de monitoramento nesta região.

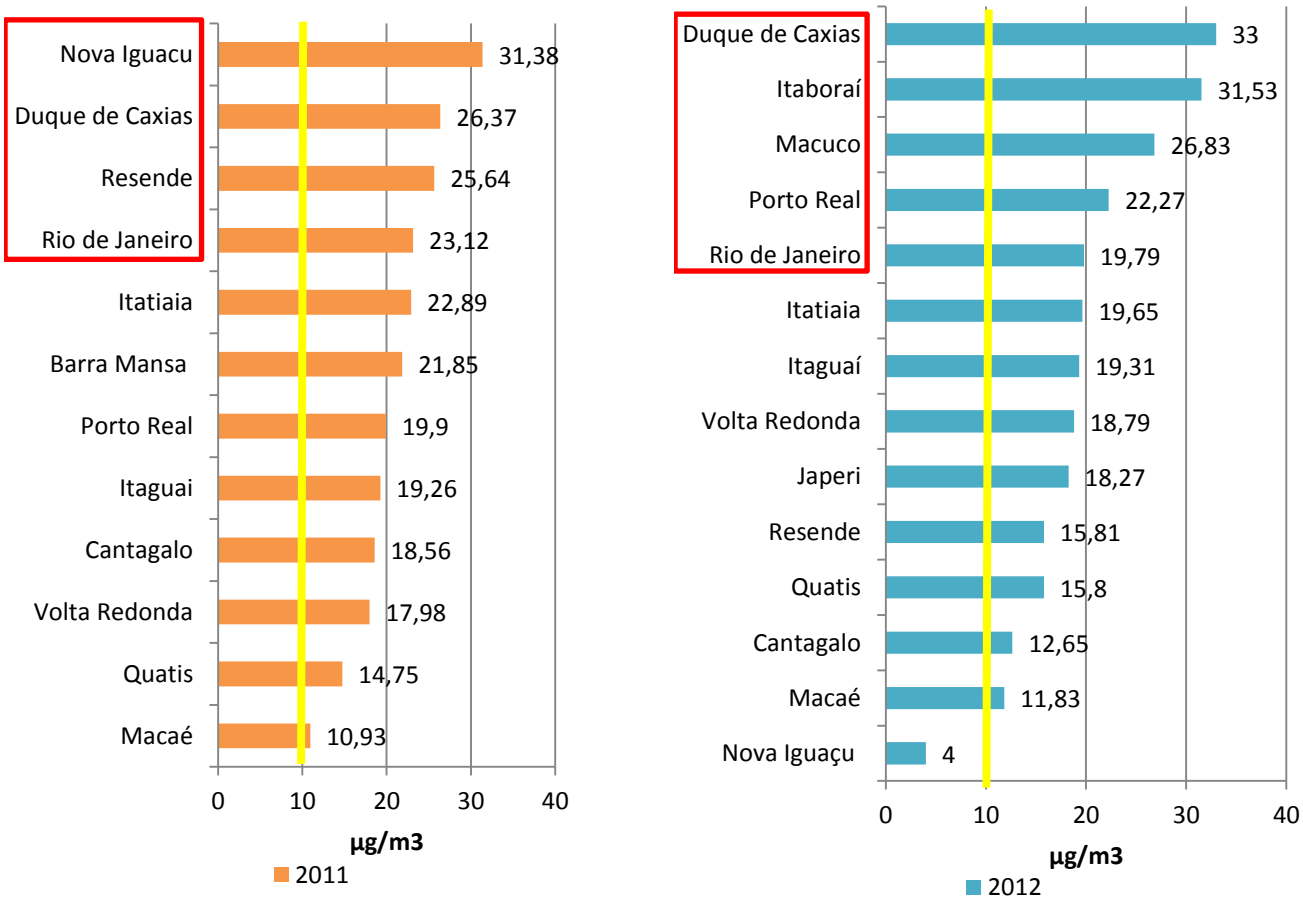
Gráfico 6 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ dos municípios da RMP



No Gráfico 7, observando-se em ordem decrescente a média anual de $MP_{2,5}$ dos municípios nos anos 2011 e 2012, é possível analisar qual a situação da poluição de maneira comparativa entre os municípios.

Como já dito, e mais fácil aqui observar, todos os municípios acima do padrão de 10 µg/m^3. Em 2011 e 2012, há 3 e 4 municípios respectivamente, com maior média de poluição que a cidade do Rio de Janeiro: Nova Iguaçu, Duque de Caxias e Resende; e Duque de Caxias, Itaboraí, Macuco e Porto Real, indicando que o problema de poluição atmosférica se estende para além da capital fluminense ou outras cidades localizadas na RMRJ.

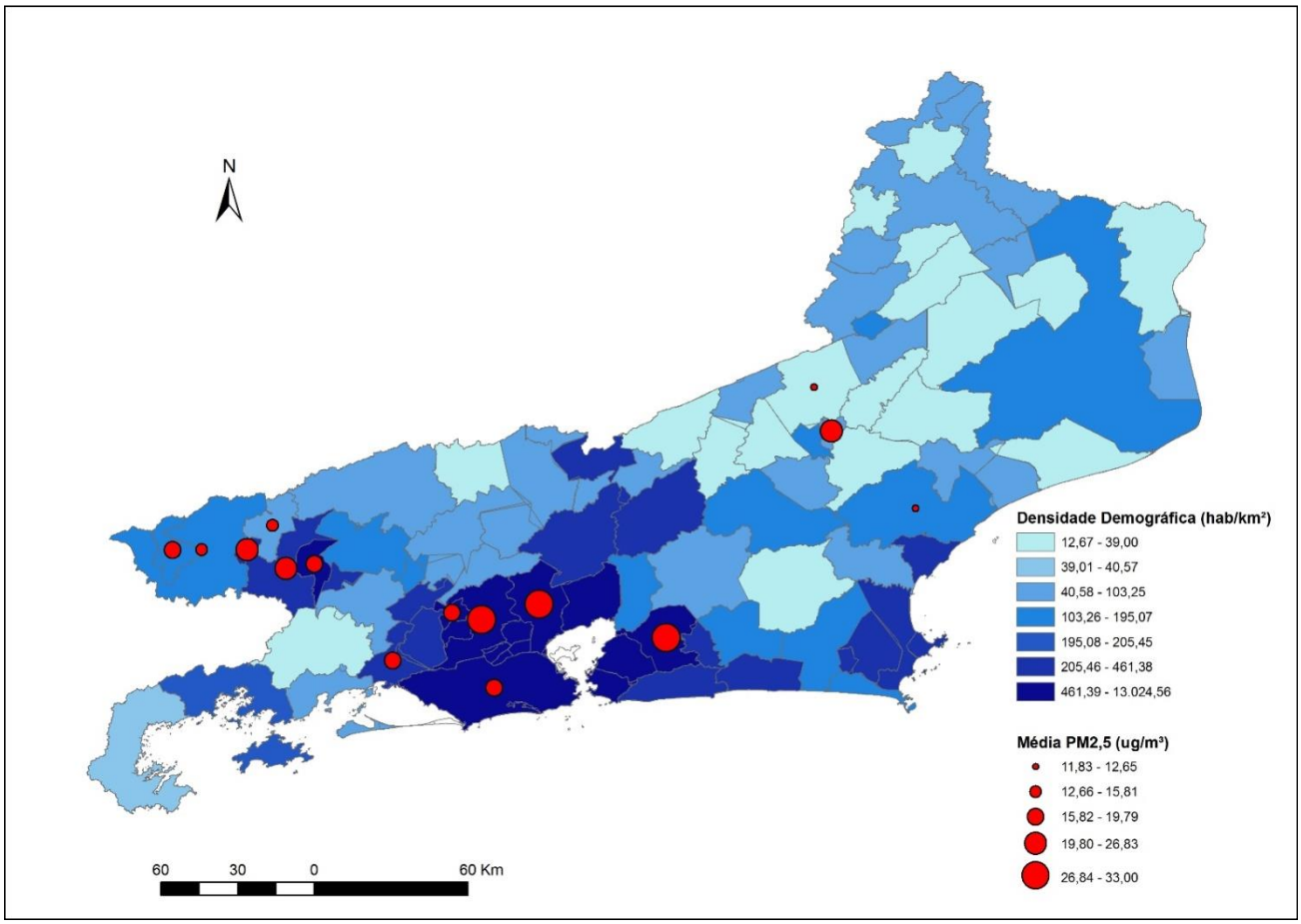
Gráfico 7 - Média $MP_{2,5}$ por ordem decrescente dos municípios em 2011 e 2012



As sete cidades mais poluídas nos dois últimos anos, 2011 e 2012, são em ordem decrescente: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende, Rio de Janeiro e Itatiaia.

A Figura 3 apresenta os municípios monitorados, em tons de azul, suas respectivas densidades demográficas e os círculos vermelhos representam a medida do material particulado em 2012. Quanto maiores os diâmetros dos círculos maior é a concentração de $MP_{2,5}$ e quanto mais intensa é a cor azul, maior é a densidade demográfica dos municípios.

Figura 3 - Densidade demográfica e média anual de $MP_{2,5}$ por município (2012).



Embora o mapa seja relativo a 2012, para dois municípios utilizaram-se as medidas do poluente de 2011: Nova Iguaçu e Barra Mansa (devido, respectivamente, à queda muito abrupta a ausência do monitoramento do ar em 2012).

Os municípios que apresentam maior densidade demográfica também são, em geral, os que apresentam maiores concentrações de $MP_{2,5}$, com destaque para Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Itaboraí, Barra Mansa e Porto Real. Há uma relação direta entre poluição e densidade populacional. Estudos da NASA também já comprovaram a relação direta entre densidade demográfica e $MP_{2,5}$ e Ozônio (Cooper et al, 2012).

Até aqui, a análise ambiental foi realizada com base em médias anuais de concentração de poluente. Vale chamar a atenção que ao longo do ano também podem ocorrer dias com níveis de concentração de $MP_{2,5}$ acima dos limites seguros (leia-se recomendações da OMS), responsável por efeitos agudos, que se desenvolvem em

curto prazo (questão de dias). Neste caso deve-se atentar para o padrão diário ou de 24h estabelecido pela OMS, que, como mencionado acima, no caso do $MP_{2,5}$ é de 25 µg/m^3. Para título de informação, o presente estudo faz uma breve análise sobre o número de ultrapassagens do padrão diário estabelecido pela OMS em 2012. Os dados foram analisados de acordo com cada estação de forma a detectar com precisão o número de episódios críticos em cada ano, ou seja, o número de dias em que a população esteve exposta a níveis não seguros do poluente $MP_{2,5}$.

Pela Tabela 11 a seguir é possível observar o número de dias que ultrapassaram o nível do padrão diário recomendado pela OMS monitorados em cada uma das estações. Verifica-se que todas as estações apresentaram ultrapassagens em 2012, sendo o menor número de dias, 13, em Macaé, e o maior, 271, em Duque de Caxias (Jardim Primavera). Observa-se as estações em destaque em vermelho que apresentam o maior número de ultrapassagens do nível do padrão da OMS.

Tabela 11 - Número de ultrapassagens e representatividade no ano por estação (2012)

Municípios	Estação	Número de dias monitorados	Número de ultrapassagens	Representatividade no ano (%)
Cantagalo	Cg - Euclidelândia	354	13	4
Duque de Caxias	DC - Campos Elíseos	331	202	61
	DC - Jardim Primavera	365	271	74
	DC - São Bento	363	205	56
Itaboraí	Itb - Sambaetiba	357	139	39
Itaguaí	Itg - Monte Serrat	363	62	17
Itatiaia	Itt - Campo Alegre	356	62	17
Japeri	Jp - Engenheiro Pedreira	345	61	18
Macuco	Ma - Macuco	293	136	46
Macaé	Mc - Cabiúnas	365	18	5
Porto Real	PR - Porto Real	290	41	14
Quatis	Qt - Bom Retiro	358	25	7
Resende	Rs - Casa da Lua	350	27	8
	Rs - Cidade Alegria	355	59	17
Rio de Janeiro	RJ - Lab. INEA	301	17	6
	SC - Adalgisa Nery	365	44	12
	SC - Largo do Bodegão	356	195	55
Volta Redonda	VR - Belmonte	361	160	44
	VR - Retiro	358	44	12
	VR - Santa Cecília	350	31	9

A análise da tabela revela que, no município de Duque de Caxias, as três estações monitoradas em 2012 apresentaram em mais da metade dos dias do ano médias diárias de $MP_{2,5}$ acima do recomendado pela OMS, que até por esta razão as médias anuais estão mais altas.

No caso do $MP_{2,5}$, os episódios críticos de poluição do ar ocorrem quando a média de 24 horas ultrapassa 25 ou 40 $\mu g/m^3$ - respectivamente, para serem considerados episódios de atenção ou emergência, devendo a população ser informada e outras medidas serem adotadas para reverter este quadro.

4.2 RESULTADOS EPIDEMIOLÓGICOS

4.2.1 Mortalidade atribuível

A mortalidade atribuível à poluição foi calculada para o ERJ, regiões de governo e municípios. Se considerarmos as mortes atribuíveis no ERJ à poluição para todas as causas de mortes e para os 6 anos do estudo, 2006 a 2012, em relação aos padrões recomendados pela OMS, contabiliza-se 36.194 mortes, como observado na Tabela 12. Os resultados dessa tabela consideram a mortalidade geral para todo o Estado, considerando a média do material particulado no Estado para cada ano. Optou-se o cálculo para todo o Estado, pois as 4 regiões de governo estudadas representam 90% da sua população total. Se o cálculo fosse realizado para a população das 4 regiões incluídas no estudo, o número de mortes seria 32.634.

Tabela 12- Mortalidade atribuível à poluição por $MP_{2,5}$ no ERJ

Ano	Estado do Rio de Janeiro
2006	5.151
2007	5.711
2008	5.128
2009	4.745
2010	5.353
2011	5.171
2012	4.911
TOTAL	36.170

Em 2011, o número de mortes no ERJ é cerca de uma vez e meia maior que acidentes de trânsito (3.044), quase 3 vezes que câncer de mama (1.905) e AIDS (1.792) e quase sete vezes que câncer de próstata (712).

Na escala das regiões de governo, para todos os anos, os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 13 a seguir:

Tabela 13 - Mortalidade atribuível à poluição por $MP_{2,5}$ nas regiões de governo do ERJ

Região de Governo	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
RMP	224	280	259	183	232	241	202	**1.621**
RMRJ	4.275	4.291	3.874	4.249	4.622	4.674	4.463	**30.448**
RNF	-	-	-	-	-	29	56	**85**
RS	-	-	-	-	-	247	233	**480**

Observa-se na RMRJ, considerando-se o período de 2006 a 2012, o número de 30.448 mortes atribuíveis à poluição, explicada pela maior população exposta e piores índices de poluição na região.

Em 2011 e 2012, anos em que houve o monitoramento da qualidade de ar para todas as regiões, a RMRJ representa 90% da mortalidade atribuível à poluição no Estado, seguidas pelas regiões RMP e RS, praticamente, em números semelhantes. Os resultados para cada município podem ser visualizados na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Mortalidade atribuível à poluição por $MP_{2,5}$ nos municípios.

Município	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
Barra Mansa	63	62	58	48	59	55	-	345
Cantagalo	-	-	-	-	-	5	2	7
Duque de Caxias	273	294	283	358	333	345	416	2.302
Itaboraí	-	-	-	-	-	-	104	104
Itaguaí	-	-	-	32	26	27	31	116
Itatiaia	-	-	-	-	5	8	7	20
Japeri	-	-	-	-	-	-	21	21
Macaé	-	-	-	-	-	5	10	15
Macuco	-	-	-	-	-	-	3	3
Nova Iguaçu	-	-	-	-	388	381	-287	482
Porto Real	-	-	-	2	3	4	4	13
Quatis	-	-	-	1	1	2	2	6
Resende	-	-	-	-	27	40	20	87
Rio de Janeiro	-	1.502	1.036	1.443	1.980	2.413	1.955	10.329
Volta Redonda	57	78	67	58	74	64	66	464

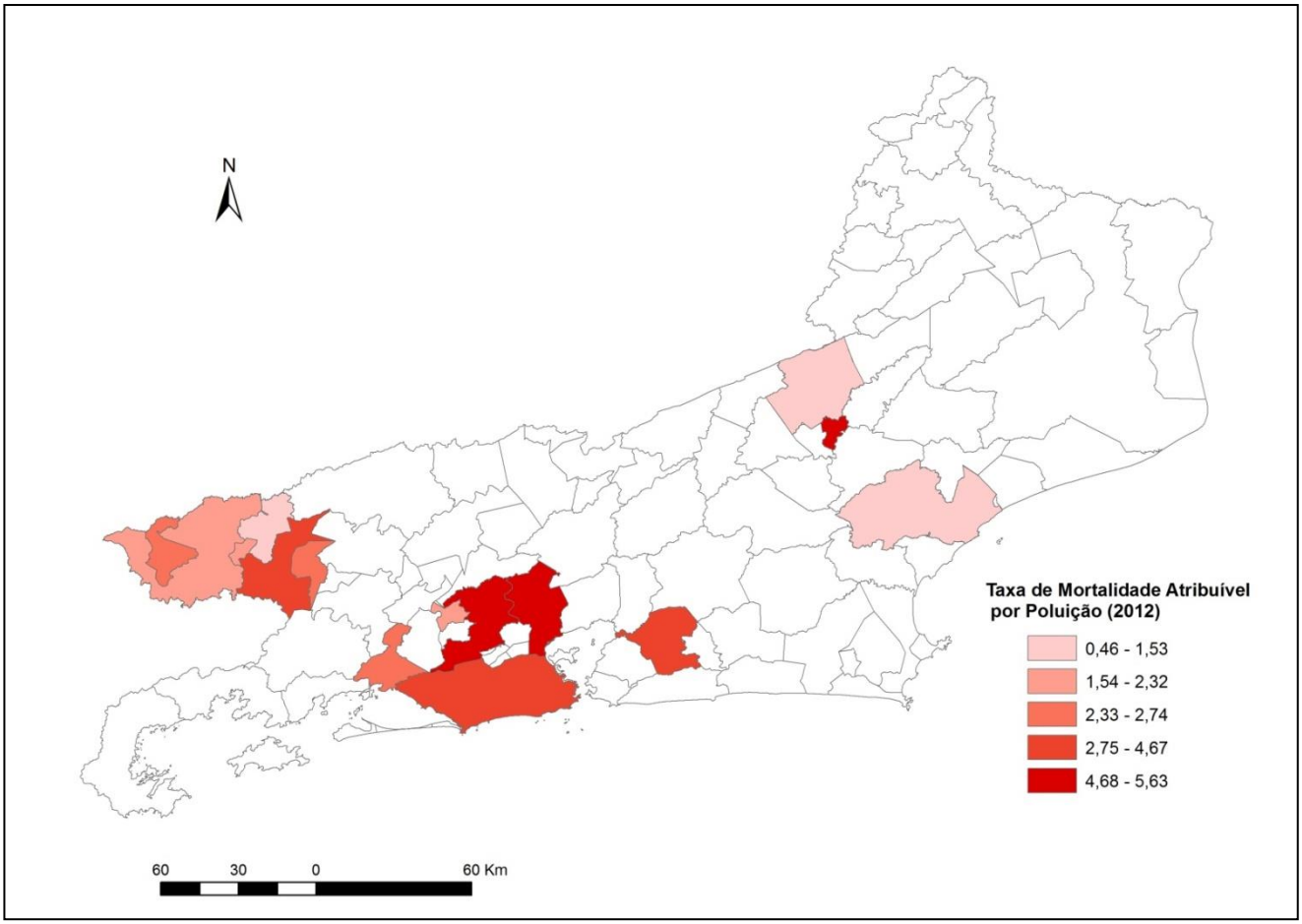
Chama a atenção o valor negativo da mortalidade atribuível à poluição do município de Nova Iguaçu, em 2012, que se deve à média do $MP_{2,5}$ de 4 µg/m^3. Este valor está abaixo do valor mínimo estabelecido pela OMS, de 10 µg/m^3, valor usado como referência no cálculo das mortes atribuíveis. O valor negativo indica a mortalidade evitável de acordo com o parâmetro de referência da OMS.

Não se pode comparar número de mortes entre os municípios, pois cada município possui população diferente, em número e características, por exemplo as faixas etárias.

Em relação ao município do Rio de Janeiro, em 2011, comparando-se a outras causas de morte, a poluição atmosférica pode causar duas vezes e meia mais mortes que acidentes de trânsito (974), câncer de mama (945) e AIDS (853).

A Figura 4 apresenta a taxa de mortalidade atribuível à poluição, por município. Os municípios com cores mais escuras representam aqueles com maior risco de morte pela poluição. Há uma relação entre o nível de $MP_{2,5}$ e a taxa de mortalidade entre os municípios: aqueles com os maiores níveis de $MP_{2,5}$ são também os que possuem o maior risco de morte. Por ordem de importância, os municípios que apresentam o maior risco são: Macuco (5,63) e Duque de Caxias (4,80), seguidos por Nova Iguaçu (4,75 - 2011), Itaboraí (4,67), Barra Mansa (3,07 - 2011) e Rio de Janeiro (3,06).

Figura 4 - Taxa de mortalidade por poluição (2012)



Embora o mapa seja relativo a 2012, para dois municípios utilizaram-se as medidas do poluente de 2011: Nova Iguaçu e Barra Mansa (devido, respectivamente, à queda muito abrupta a ausência do monitoramento do ar em 2012).

4.2.2 Internações

A Tabela 15 apresenta o número de internações na rede pública de saúde, por causas de doenças, atribuíveis à concentração de $MP_{2,5}$, no ERJ, entre os anos 2006 a 2012. Verifica-se, ao longo desse período, um total de 65.102 internações na rede pública de saúde.

Tabela 15 - Internações atribuíveis à poluição no ERJ

Causas	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Câncer	315	428	306	320	358	359	364
Cardiovascular	3.621	3.915	2.540	2.541	3.013	2.993	2.898
Respiratório adulto	3.242	3.658	2.797	2.654	3.143	2.710	2.456
Respiratório criança	3.241	3.631	2.997	2.938	3.190	2.390	2.084
TOTAL	10.419	11.632	8.640	8.453	9.704	8.452	7.802

A Tabela 16 apresenta o número de internações na rede pública de saúde, por causas de doenças, atribuíveis à concentração de $MP_{2,5}$, para municípios, regiões de governo e ERJ em 2012.

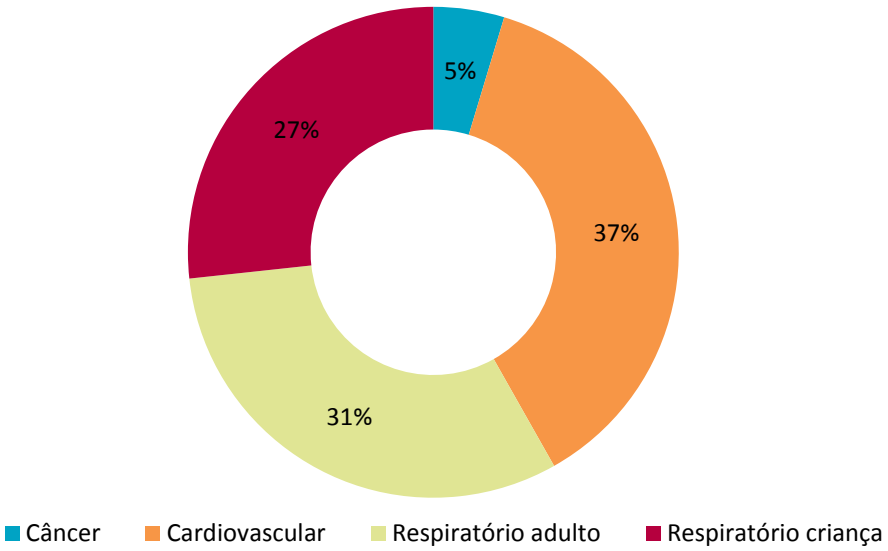
Tabela 16 - Internações públicas por doenças específicas atribuíveis a poluição por município, regiões de governo e ERJ - 2012

Escala		Câncer	Cardiovascular	Respiratório adulto	Respiratório criança	TOTAL
Município	Barra Mansa	-	-	-	-	-
	Cantagalo	0	2	4	1	7
	Duque de Caxias	28	201	93	210	532
	Itaboraí	4	90	53	33	180
	Itaguaí	2	19	9	8	38
	Itatiaia	0	11	7	3	21
	Japeri	1	3	52	12	68
	Macaé	1	6	5	3	15
	Macuco	0	1	0	0	1
	Nova Iguaçu	-19	-112	-73	-185	-389
	Porto Real	1	7	6	3	17
	Quatis	0	4	7	2	13
	Resende	1	28	26	9	64
	Rio de Janeiro	164	747	457	367	1735
	Volta Redonda	4	70	55	18	147
Região de governo	RMP	22	225	215	68	530
	RMRJ	326	1.943	1.496	1.790	5555
	RNF	4	43	59	39	145
	RS	13	265	219	90	587
Estado do Rio de Janeiro		364	2.898	2.456	2.084	7802

Novamente, o município de Nova Iguaçu apresenta valores negativos em função da forma de cálculo da mortalidade atribuível, que leva em consideração valores de referência da OMS maiores do que os que foram observados para o município.

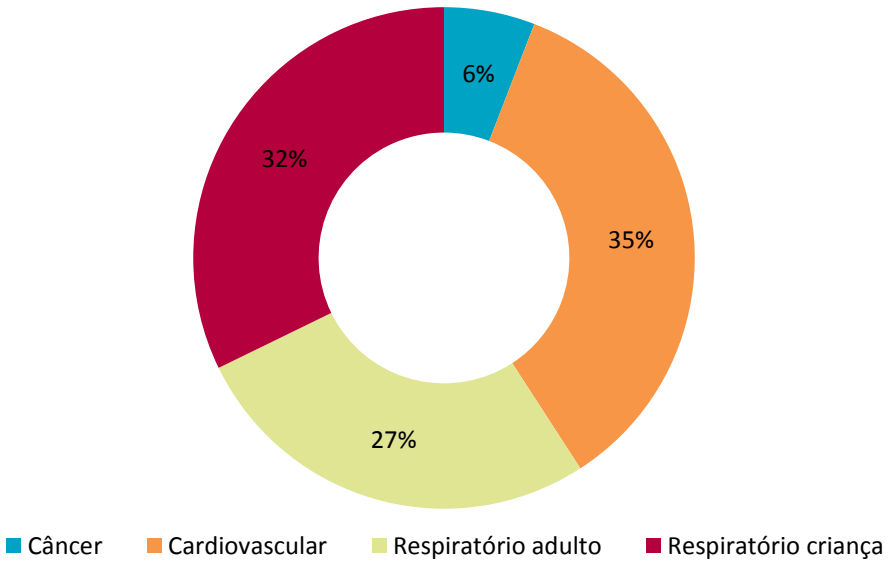
Considerando a distribuição das causas de internação no ERJ, o Gráfico 8 mostra que o maior percentual de internações atribuíveis à poluição corresponde às doenças cardiovasculares (37,1%); seguida por doenças respiratórias em adultos (31,4%) e crianças (26,7%); e por fim, 4,7% devido ao câncer de pulmão. Considerando que o grupo de crianças compreende apenas a população de 0 a 5 anos, ao contrário das doenças cardiovasculares e respiratórias em adultos, que se referem aos grupos etários acima de 40 e 60 anos, respectivamente, ressalta-se o impacto negativo que a poluição tem para este grupo etário.

Gráfico 8 - Internações atribuíveis à poluição por causas no ERJ (2012)



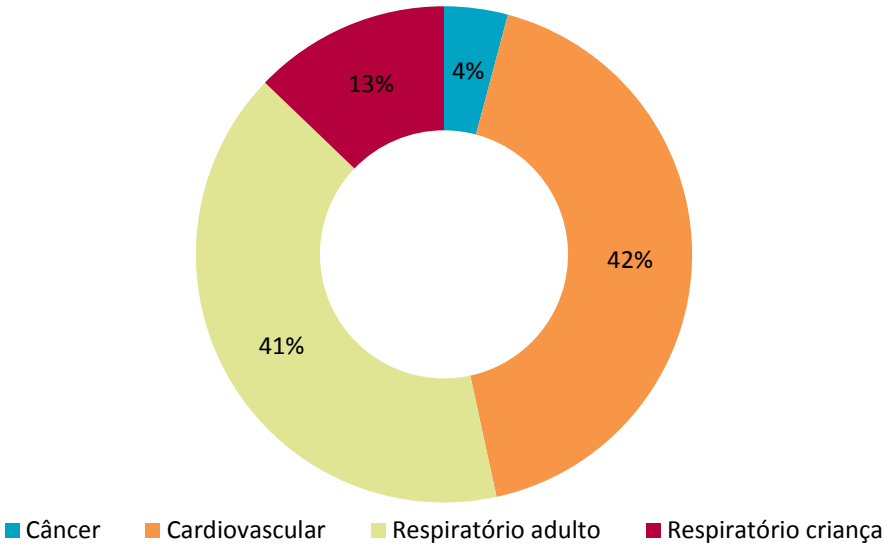
Na RMRJ, Gráfico 9, as internações por câncer de pulmão alcançam índices de 5,9% e por doenças respiratórias em crianças correspondem a 32% do total. Esses valores refletem, de modo geral, a representatividade das doenças em cada região considerada e a sensibilidade dos grupos etários mais jovens aos níveis de poluição atmosférica.

Gráfico 9 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RMRJ (2012)



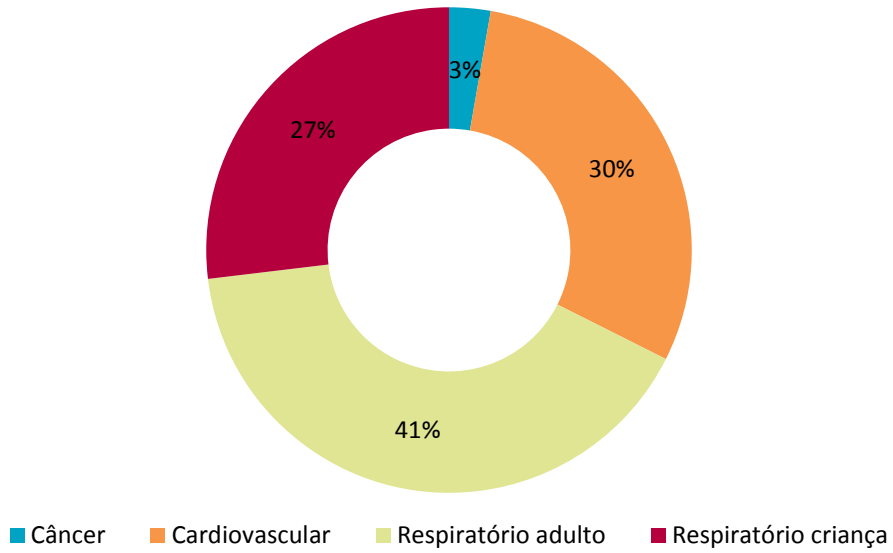
Seguem-se nos próximos Gráficos, as internações atribuíveis por causas nas regiões de governo e municípios de Rio de Janeiro e Duque de Caxias.

Gráfico 10 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RMP (2012)



Observa-se o nível muito mais baixo de internações em crianças e mais altos em adultos. Isso pode ocorrer pelo fato de haver uma menor população de crianças nesta região.

Gráfico 11 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RNF (2012)



Observa-se nos Gráficos 11 e 12 um resultado menor de internações por câncer de pulmão nessas regiões. Em relação à RNF, há um número muito maior de internações por doenças respiratórias em idosos acima de 60 anos e na RS, por doenças cardiovasculares.

Gráfico 12 - Internações atribuíveis à poluição por causas na RS (2012)

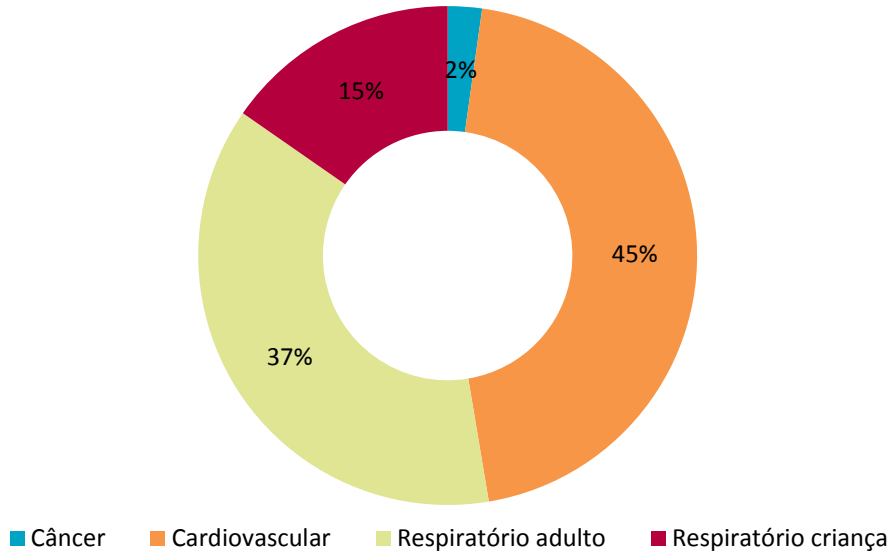
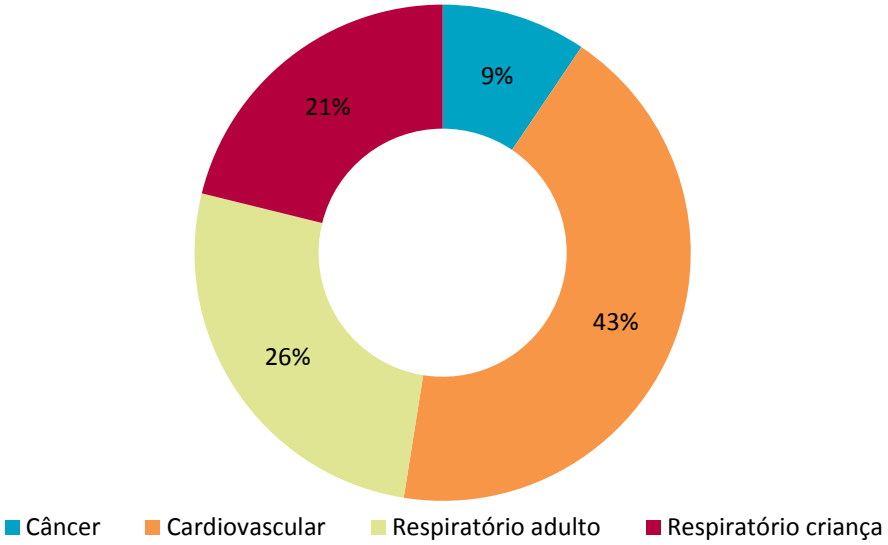
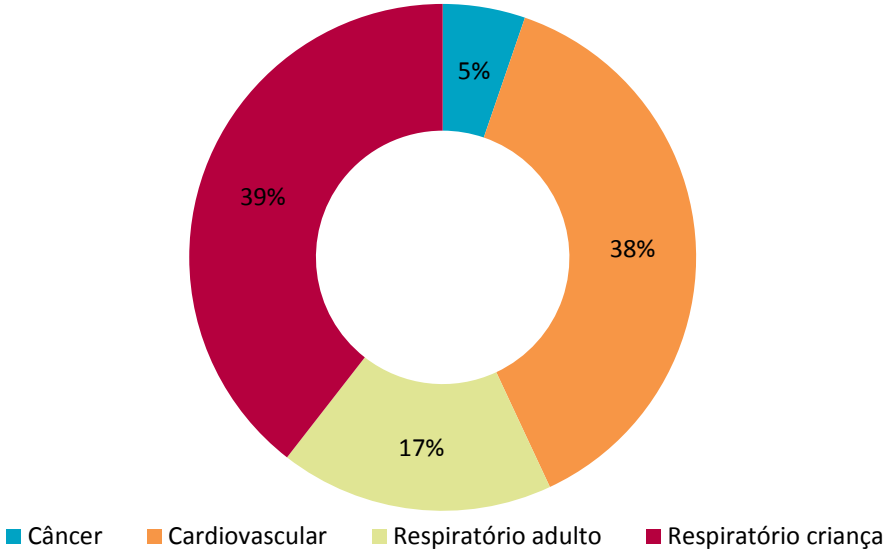


Gráfico 13 - Internações atribuíveis à poluição por causas no município do Rio de Janeiro (2012)



Chama atenção na cidade do Rio de Janeiro o alto nível de internação por câncer de pulmão, 9% e por doença cardiovascular em adultos.

Gráfico 14 - Internações atribuíveis à poluição por causas no município de Duque de Caxias (2012)



Já em Duque de Caxias, se observa o maior nível de internações de crianças.

4.2.3 DALY total

Em 2012, o número de anos perdidos por morte precoce e vividos com incapacidade (DALY) atribuíveis às doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer de pulmão no ERJ foi de 79.149 anos; na RMRJ, chegou-se a um DALY de 68.884. Nesses valores estão incluídas a mortalidade geral e as internações na rede pública suplementar.

O DALY para o Estado de São Paulo foi estimado em 159.422 anos e na RM de São Paulo 76.497 anos.

Os valores de DALY obtidos para as demais regiões de governo estão na Tabela 17 a seguir.

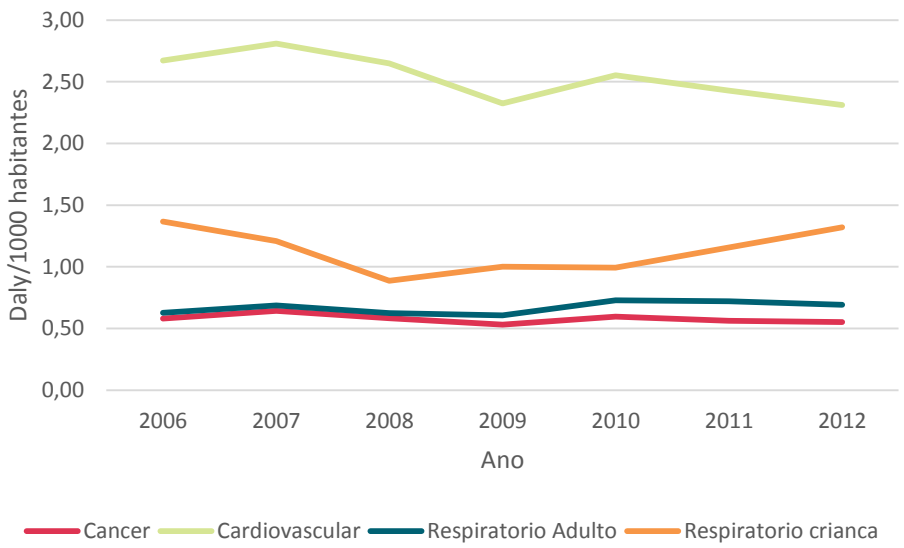
Tabela 17 - Valore de DALY obtidos em 2012

Regiões	DALY
RMP	3.001
RMRJ	68.884
RNF	2.236
RS	3.341
Soma regiões de governo	77.462
ERJ	79.149

DALY por 1000 habitantes/ano

O Gráfico 15 apresenta o DALY por 1000 habitantes, entre 2006 e 2012, para o total do Estado do Rio de Janeiro, por causa. Observa-se que as doenças cardiovasculares foram as que resultaram em maior perda de anos por morte prematura ou incapacidade, acima de 2 anos por 1.000 habitantes para a população acima de 40 anos de idade. Apesar disso, os valores são decrescentes ao longo da série, indicando uma redução do DALY por habitante nessas causas. O peso da carga de doenças atribuído ao câncer de pulmão é de 0,5, ou 6 meses de vida saudável perdida em função da poluição para essa causa para cada 1.000 habitantes.

Gráfico 15 - DALY/1000 habitantes - Rio de Janeiro, 2006 a 2012



Fonte: SIM/DATASUS e SIH/DATASUS, 2006 a 2012

A única causa de morte que apresentou uma elevação praticamente durante todo o período foi a mortalidade por doenças respiratórias em crianças, cujo DALY chegou a quase 1,5 DALY por 1000 habitantes em 2012, aproximadamente o mesmo valor encontrado em 2006.

4.3 RESULTADOS ECONOMÉTRICOS

4.3.1 Valor das Internações

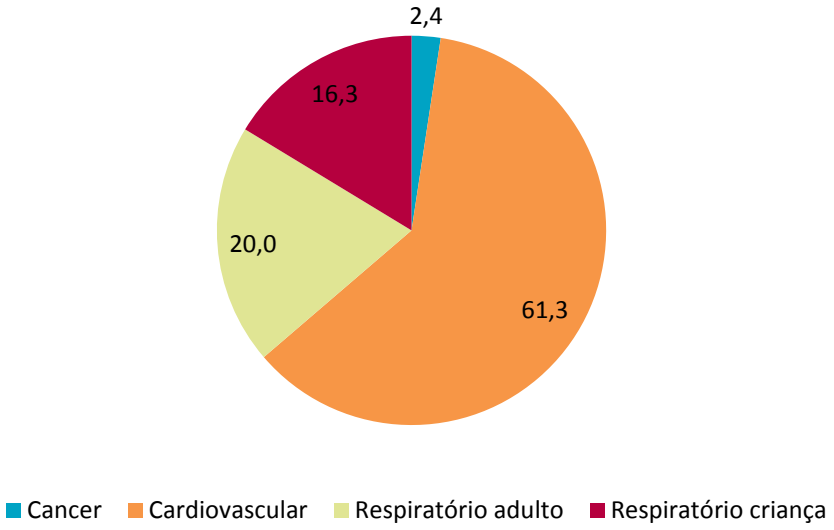
A Tabela 18 apresenta o valor gasto com internações públicas no Estado do Rio de Janeiro decorrente da poluição. Verifica-se que, entre 2006 e 2012, foram gastos quase R$ 82 milhões em internações que poderiam ter sido evitadas caso os níveis de poluição não fossem tão altos, como é atualmente observados no Estado.

Tabela 18 - Valor das Internações públicas atribuíveis à poluição no ERJ

Câncer	203.152	308.774	230.931	278.542	349.274	271.409	318.717
Cardiovascular	5.570.268	6.772.824	5.449.609	6.683.907	8.394.496	8.593.844	8.598.371
Respiratório adulto	1.667.326	2.132.353	2.151.307	2.380.346	2.878.760	2.623.224	2.478.371
Respiratório criança	1.680.668	1.998.975	1.964.565	2.027.317	2.281.188	1.785.733	1.583.740
TOTAL	9.121.414	11.212.926	9.796.412	11.370.112	13.903.718	13.274.210	12.979.199

Cerca de 61% dos gastos foram com internações por doenças cardiovasculares, tanto em função do alto valor dessas internações quanto da representatividade que possuem no total de mortes por poluição atmosférica. Gastos com internações por doenças respiratórias em adultos ocupam a segunda posição, com 20% de todos os gastos atribuíveis à poluição, seguido das doenças respiratórias em crianças, com 16%.

Gráfico 16 - Percentual de gastos com internações atribuíveis à poluição, segundo causa de morte - Rio de Janeiro, 2006 a 2012



Fonte: SIM/DATASUS, 2006 a 2012.

O orçamento anual da saúde para o ERJ em 2012 foi de cerca de 4,5 bilhões de reais (RIO DE JANEIRO, 2012). O gasto em saúde de internações relacionado à poluição correspondeu a 0,28% do orçamento para aquele ano. Como parâmetro de

comparação, o orçamento em 2012 para a prevenção e o controle de endemias foi de aproximadamente 5,5 milhões, 43,7% dos gastos decorrentes da poluição (RIO DE JANEIRO, 2012).

5 DISCUSSÃO

O estabelecimento e a implementação dos programas estaduais de controle da poluição do ar são atribuições das unidades federativas. Segundo estudo divulgado este ano pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade sobre o monitoramento nacional da qualidade do ar, todos os Estados que monitoram a qualidade do ar detém estações submetidas à gestão dos órgãos estaduais ambientais, com exceção da Bahia. O Estado do Rio de Janeiro possui a gestão pública do monitoramento do ar realizada pelo INEA e é o único Estado que inclui estações de monitoramento privadas na sua rede - 48,7% das estações (39/80), monitoramento este relacionado ao licenciamento ambiental (VORMITTAG et al, 2014). E, justamente, a grande maioria das estações automáticas 87% (34/39) - de empreendimentos industriais, objeto deste estudo, pertence à rede privada.

Segundo o INEA (INEA, 2013):

> Em relação às fontes industriais, os empreendimentos classificados como de alto potencial poluidor, são obrigados, por força de restrições das licenças ambientais, a adotarem medidas de controle eficientes, a monitorarem suas emissões (Programa de Monitoramento de Fontes Fixas – PROMON Ar) e monitorarem continuamente a qualidade do ar nas suas áreas de influência direta e indireta. Todos os dados provenientes desses monitoramentos são transmitidos em tempo real, quando oriundos de estações automáticas, e imediatamente integrados ao banco de dados da DIMFIS/Gear, ou em bateladas.

A grande vantagem da metodologia de monitoramento da qualidade do ar baseada no licenciamento ambiental com relação à metodologia convencional é a economia de recursos financeiros e humanos no que tange aos equipamentos de medição e operação/manutenção dos mesmos. Todos estes investimentos ficariam a cargo do empreendedor, e, sob a responsabilidade do órgão ambiental, a verificação e acompanhamento do processo. Porém, vale ressaltar que essa metodologia é destinada principalmente às fontes fixas de poluição, uma vez que o monitoramento geralmente cobre a área de influência dos empreendimentos. Pode ser que esta área, onde a estação esteja implementada, também cubra área de tráfego, as fontes móveis ou

outros tipos de fontes. O Relatório do INEA não contém essa informação (INEA, 2013). Em centros urbanos, principalmente os que possuem grande frota veicular, é preciso que haja estações em locais estratégicos para avaliação da poluição proveniente de fontes móveis, de modo a tornar os dados do monitoramento da cidade representativos. Segundo o INEA, (INEA, 2014):

> Quanto aos veículos automotores, suas emissões contribuem com aproximadamente 77% das emissões atmosféricas na RMRJ, segundo a última revisão do inventário de fontes de emissão no estado do Rio de Janeiro (FEEMA, 2004). No sentido de monitorar e minimizar os efeitos das fontes móveis o INEA desenvolve duas ações principais: Programa de Inspeção e Manutenção Veicular (Programa I/M), para a aferição de gases poluentes em todos os veículos licenciados anualmente pelo DETRAN-RJ; e Programa de Automonitoramento de Emissão de Fumaça Preta (PROCON Fumaça Preta).[...] Face à insuficiência de estações disponíveis e o caráter majoritário atribuído à contribuição das fontes móveis no total das emissões na RMRJ, o INEA distribuiu, nos últimos anos, suas estações de monitoramento prioritária e estrategicamente em locais onde seja possível o acompanhamento dessas emissões e da efetividade das ações de controle aplicadas aos principais poluidores do ar, os veículos automotores.

É possível que, de forma geral, parte das estações incluídas neste estudo represente mais as fontes fixas do que as móveis..

Além disso, há uma questão ética importante a ser pensada, isenta de conflitos de interesse, que se refere aos diferentes objetivos do monitoramento público, ambientais e sociais, e o privado, ambientais, normativos e econômicos.

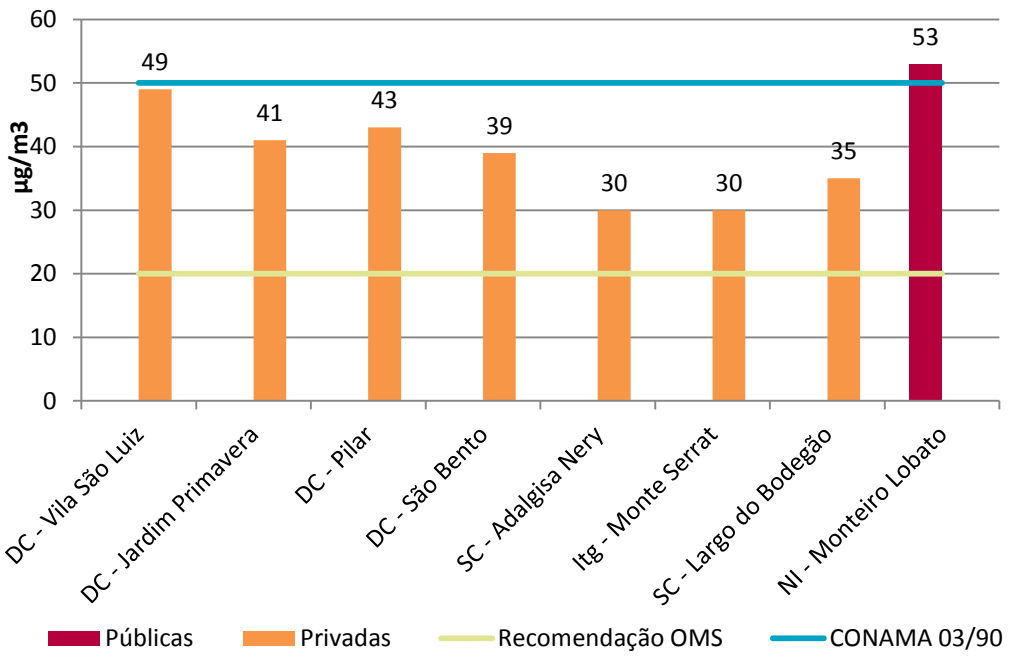
Há uma série de limitações em se comparar dados provenientes de diferentes metodologias, no entanto, para fins ilustrativos e com o intuito de enriquecer esta questão, os gráficos a seguir informam resultados de outros documentos, comparando-se diferentes tipos de estações, privada e públicas ou automática e semiautomática.

Observa-se que os dados apresentados são de MP_{10}. Para melhor compreensão, vale atentar-se padrão anual de MP_{10} recomendado pela OMS é 20 µg/m3 (linha verde clara e o padrão anual nacional desatualizado é 50 µg/m3 (linha azul clara).

Os Gráficos 17 e 18 apresentam as médias anuais de MP_{10}, estações privadas (barras laranja) e públicas (barra vermelha) da rede automática da RMRJ,

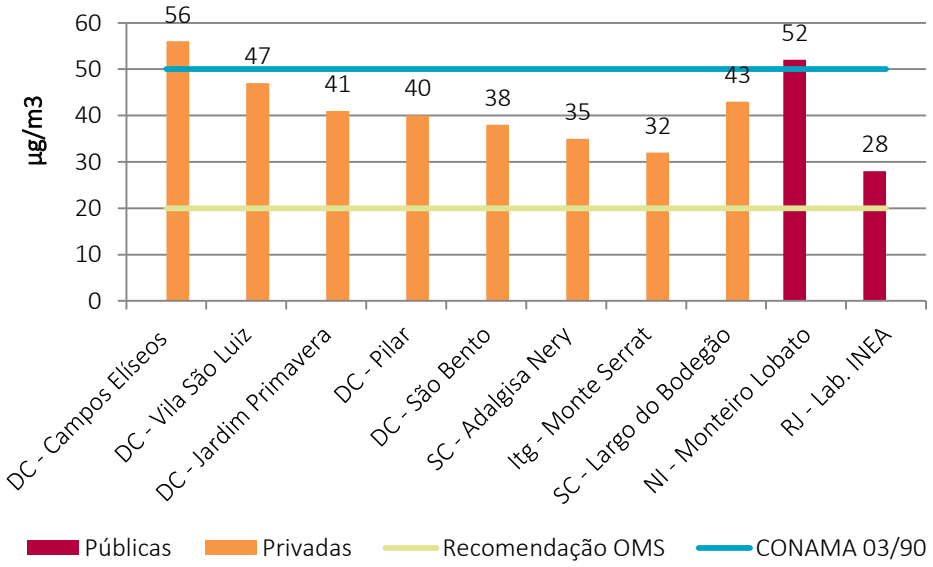
respectivamente, em 2010 e 2011. Os dados são reproduzidos do Relatório do INEA 2013 (anos base 2010 e 2011).

Gráfico 17 - Médias anuais de MP_{10} das estações automáticas privadas e públicas da RMRJ (2010)



Em 2010 todas as estações privadas apresentam médias anuais acima da recomendação da OMS, porém dentro da normalidade ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990. A única estação pública, no período, Monteiro Lobato (localizada em Nova Iguaçu), mostra média anual pouco acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990.

Gráfico 18 - Médias anuais de MP_{10} das estações automáticas públicas e privadas da RMRJ (2011)



Em 2011 observa-se um cenário semelhante a 2010: as estações privadas com médias anuais acima da recomendação da OMS, porém adequadas à Resolução CONAMA nº 03/1990 (com exceção da estação de Campos Elíseos). Dentre as estações públicas, novamente a estação de Nova Iguaçu (Monteiro Lobato) ultrapassou o padrão da Resolução CONAMA nº 03/1990. As estações de Campos Elíseos (a única irregular) e do Laboratório INEA não foram consideradas representativas pelo INEA.

Embora uma estação única representada, nos dois anos, a estação pública de Nova Iguaçu, Monteiro Lobato, apresenta médias anuais pouco mais altas.

Os Gráficos 19 e 20 apresentam as médias anuais de MP_{10} das estações semiautomáticas (barras amarelas) e automáticas (barras vermelhas) da RMRJ, respectivamente, em 2010 e 2011. Os dados são reproduzidos do Relatório do INEA 2013 (anos base 2010 e 2011).

Gráfico 19 - Médias anuais de MP_{10} das estações semiautomáticas e automáticas da RMRJ (2010)

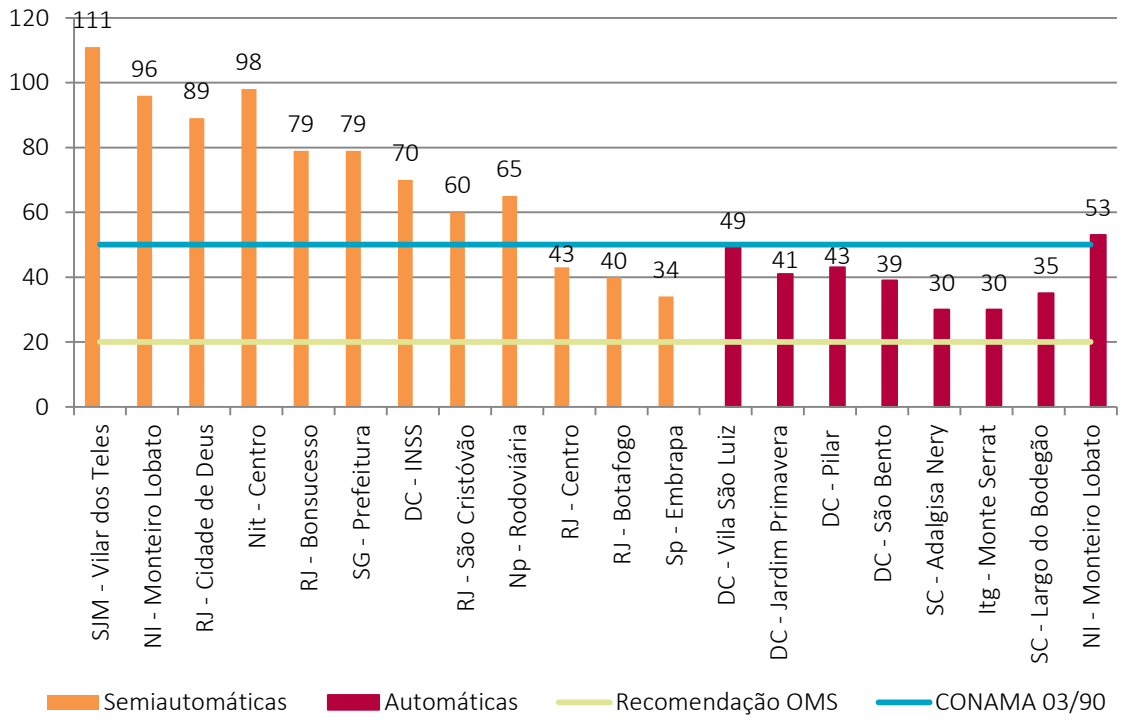
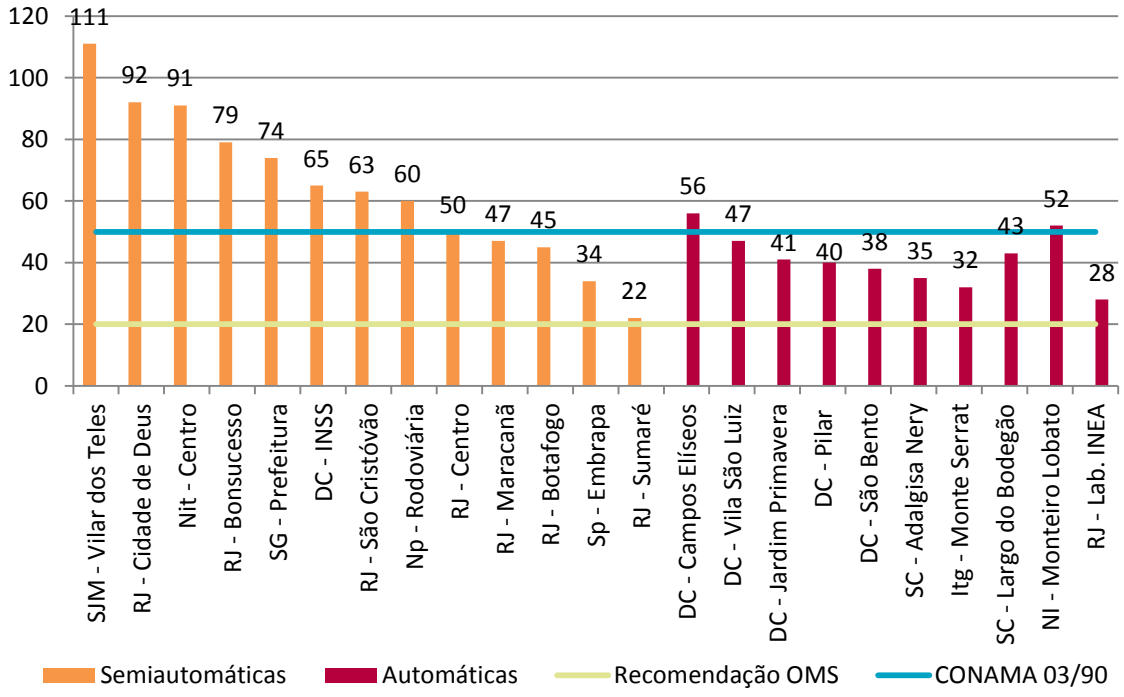


Gráfico 20 - Médias anuais de MP_{10} das estações semiautomáticas e automáticas da RMRJ (2011)

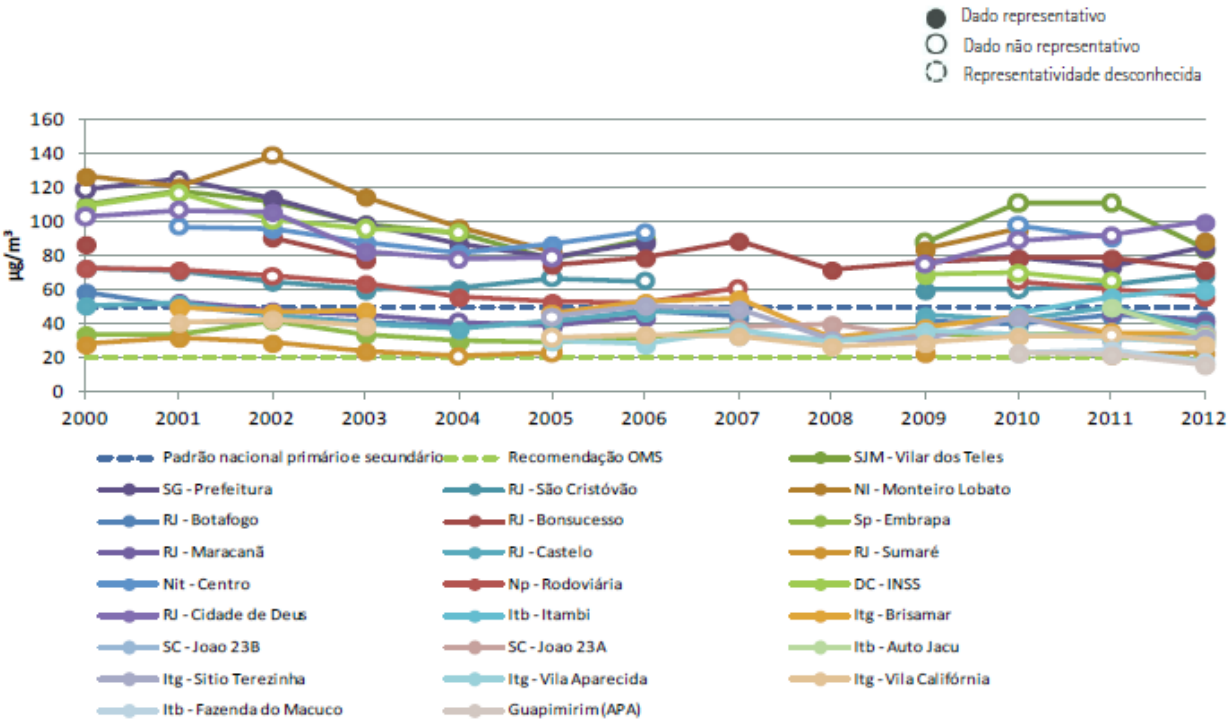


Em geral, as estações semiautomáticas apresentam médias anuais maiores que as automáticas, evidenciando uma discrepância importante na comparação dos seus dados de monitoramento. Nota-se que as estações automáticas, privadas, encontram-se abaixo do padrão nacional estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, com exceção de duas estações.

Tomemos como exemplo as estações INSS (semiautomática) e Pilar (automática) localizadas muito próximas uma da outra, ao sul de Duque de Caxias. A estação INSS apresenta médias anuais entre 65 a 70, enquanto que a estação Pilar apresenta médias entre 40 e 43 nos dois anos. Nota-se uma diferença nas medições.

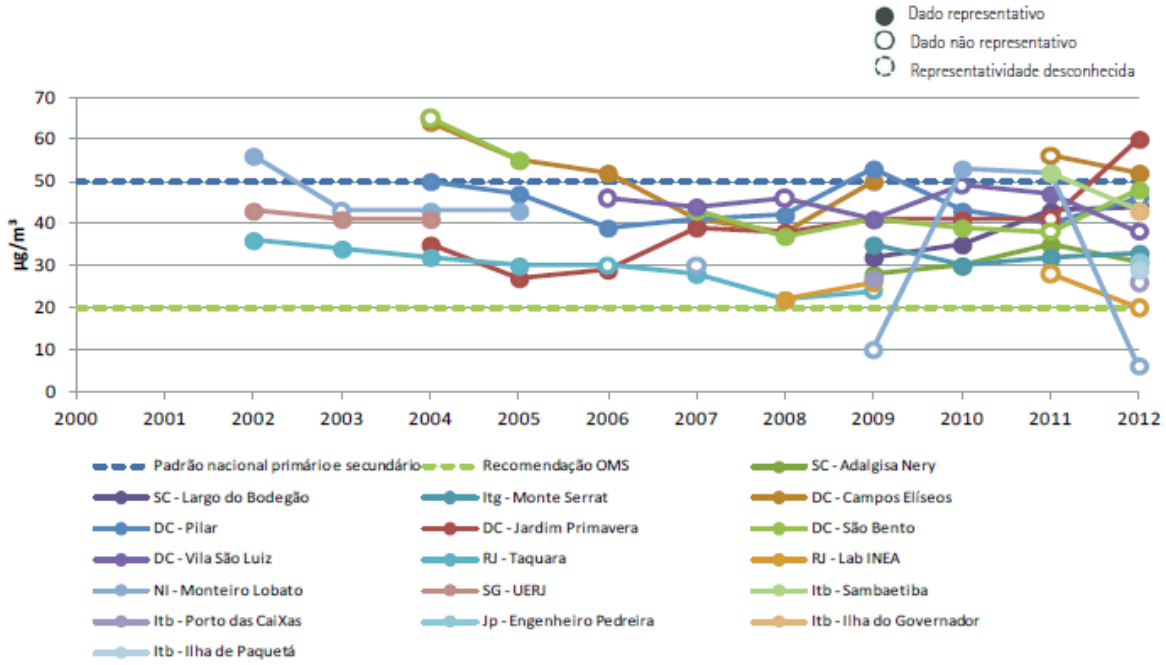
Os Gráficos 21 e 22 foram extraídos do documento: Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, publicado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA: 2014). Os dois gráficos apresentam as médias anuais de $MP_{10,,}$ o primeiro das rede semiautomática e o segundo da rede automática, ambos da RMRJ, no período de 2000 a 2012. Vale-se atentar ao padrão anual de MP_{10} recomendado pela OMS - 20 µg/m3 (linha verde clara) e o padrão anual nacional desatualizado - 50 µg/m3 (linha azul clara).

Gráfico 21 - Médias anuais de MP_{10} da rede semiautomática da RMRJ, 2000 a 2012



Fonte: (IEMA, 2014)

Gráfico 22 - Médias anuais de MP_{10} da rede automática da RMRJ, 2000 a 2012



Fonte: (IEMA, 2014)

Dando continuidade ao exposto nos últimos 4 Gráficos (16 ao 20), pode-se observar a discrepância de valores entre as duas redes, semiautomática (maioria estações públicas) e automática (maioria estações privadas). As estações da rede semiautomática (Figura 21), estão, quase em sua totalidade, acima do padrão da OMS, e a maioria, acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990. O segundo gráfico da rede automática (Figura 22) estão, quase em sua totalidade, também acima do padrão da OMS, no entanto, quase em sua totalidade, abaixo do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, ou seja, dentro das normas federais.

Cabe lembrar que as estações automáticas são de gerência privada, com exceção das estações NI - Monteiro Lobato, RJ - Taquara, SG - UERJ e RJ - Lab. INEA, todas elas com medidas abaixo do padrão.

Indubitavelmente, estudos posteriores são necessários para conclusões efetivas sobre as diferenças dos dados.

No caso do Brasil, a implementação da rede de monitoramento de qualidade do ar nacional não foi cumprida e o número de estações existente é muito pequeno.

Embora a região sudeste represente 76% das estações nacionais, o ERJ possui um número insuficiente de estações de monitoramento. Segundo o Relatório bianual do INEA (INEA, 2013):

> Diante da obrigação do Estado em prover políticas e ações para garantir à saúde da população e atender aos compromissos assumidos com o Comitê Olímpico Internacional para a realização de eventos esportivos, a exemplo da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, o sistema SEA/INEA disponibilizou recursos do FECAM para aquisição de novos equipamentos e ampliação da rede. [...] É necessário ressaltar que o monitoramento da qualidade do ar no estado do Rio de Janeiro não qualifica a qualidade do ar do Estado como um todo, e sim apontam os valores de concentração de suas áreas críticas.
>
> O número de estações de monitoramento de qualidade do ar em operação no Estado é insuficiente para possibilitar um diagnóstico que caracterize detalhadamente o ar que a população respira em todo o seu território. Dessa forma, há a necessidade da identificação de regiões prioritárias em termos de problemas relacionados à poluição do ar, para que seja realizado e/ou

adensado o monitoramento de forma estratégica, possibilitando assim, o direcionamento de políticas de gestão e de controle a problemas específicos.

Ao se definir a aquisição de novas estações em qualquer um dos Estados, a escolha da localização das estações, obviamente, se dará inicialmente em locais críticos ou de maior necessidade de monitoramento, podendo espelhar ou não níveis de poluição mais altos, a depender do controle de emissões. Ao se detectar níveis de poluição mais altos para os Estados, os órgãos ambientais geralmente alegam que o monitoramento representa locais de maior emissão de poluentes. Em se contando com uma rede maior de estações, melhor a qualidade do monitoramento e sua representatividade. Em qualquer um dos casos, se a emissão de poluentes não for bem controlada, as medidas do monitoramento poderão revelar níveis altos de poluição.

Neste particular, há de se ter muito cuidado ao se comparar resultados provenientes do monitoramento da qualidade do ar realizado em diversas cidades do mundo, como foi o caso do recente estudo publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que apontou o Rio de Janeiro como tendo qualidade do ar pior que São Paulo, com concentração de material particulado três vezes superior ao recomendado pela OMS.

Comparação dos resultados entre Rio de Janeiro e São Paulo para poluição e mortalidade geral

No levantamento da OMS, a qualidade do ar da cidade do Rio de Janeiro aparece em pior situação que a da cidade de São Paulo (WHO, 2014b).

Analisando a metodologia do levantamento, verifica-se que a OMS considerou dados disponíveis entre os anos de 2008 a 2013 para as diferentes cidades do mundo, de forma a dar apenas um panorama geral da poluição. Nesse sentido, o dado apresentado da cidade do Rio de Janeiro é de 2010, enquanto que o de São Paulo é de 2012.

A concentração de MP_{10} (média anual) para a cidade do Rio de Janeiro apresentada pela OMS é de 67 $\mu g/m^3$, e a fonte indicada é o IBGE; para São Paulo, a concentração de MP_{10} apresentada é de 35 $\mu g/m^3$, cuja fonte indicada é a CETESB. No *ranking* geral do Brasil, o Rio de Janeiro se apresenta como a segunda cidade mais

poluída, estando atrás apenas do município paulista Santa Gertrudes, cujo dado referente a 2012 revela uma concentração anual de MP_{10} de 81 µg/m^3 (WHO, 2014b).

Ressalta-se que a metodologia do levantamento é baseada em buscas em websites e publicações oficiais sobre o tema, não havendo contato com os órgãos encarregados para a confirmação dos dados obtidos. Outro ponto importante é que os dados são referentes a diversos métodos de medição, entre eles automáticos, semiautomáticos, manuais etc. Dessa maneira, como apontado pela própria OMS, fica difícil a comparação entre as diferentes cidades, uma vez que não há padronização das medições (WHO, 2014b).

Afinal a cidade do Rio de Janeiro é mesmo mais poluída que a de São Paulo? Utilizando-se os resultados encontrados para as cidades e os estados do Rio de Janeiro e São Paulo nos estudos realizados pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade, buscou-se confirmar esta resposta, Tabelas 19 e 20. Em 2006 o município do Rio de Janeiro não apresenta dados de monitoramento, motivo pelo qual não foi incluído na análise. O ano 2012 não foi incluído na análise da pesquisa de São Paulo.

Tabela 19 - Médias anuais de MP2,5 de 2006 a 2012 - Cidades do Rio de Janeiro e São Paulo

Ano	Cidade do Rio de Janeiro	Cidade de São Paulo
2006	-	23,36
2007	17,05	24,68
2008	14,42	23,11
2009	16,51	20,02
2010	19,56	21,37
2011	23,12	22,17
2012	19,79	-

A cidade do Rio de Janeiro apresentou melhores condições da qualidade do ar durante 4 anos, 2007 a 2010, e, em 2011, São Paulo teve melhores condições. Em relação aos estados, ocorreu o mesmo, durante 5 anos entre 2006 a 2011, o ERJ apresentou melhores condições de qualidade do ar, com exceção do ano 2009.

Tabela 20 - Médias anuais de $MP_{2,5}$ de 2006 a 2012 - Estados do Rio de Janeiro e São Paulo

Ano	Estado do Rio de Janeiro	Estado de São Paulo
2006	22,43	23,89
2007	24,14	25,58
2008	21,73	23,67
2009	20,34	19,27
2010	21,73	22,77
2011	21,22	22,78
2012	20,51	-

Sobre a mortalidade entre as cidades e estados, é importante ressaltar que a comparação para mortalidade não pode ser realizada utilizando-se os dados brutos, ou seja, não se pode comparar o montante do número de mortes e internações atribuíveis à poluição. Em primeiro lugar, é necessário comparar taxas, e não números absolutos. As taxas correspondem a medidas de risco da ocorrência de um evento, uma vez que denota a razão entre os eventos e a população de interesse. Por exemplo, não se pode comparar o total de mortes por poluição na China e no Brasil. Uma comparação dessa forma levaria a conclusões erradas. O total de mortes por poluição na China é maior que no Brasil não apenas porque a China é mais poluída, como também por ter a China uma população maior que a do Brasil. A forma correta é dizer que na China existem X mortes por poluição para cada 100 mil habitantes, e no Brasil existem Z mortes para cada 100 mil habitantes.

No entanto, mesmo a comparação de taxas pode sofrer o efeito de outras variáveis, como a estrutura etária da população. Se uma população é mais envelhecida que a outra, a taxa de mortalidade pode ser maior porque a probabilidade de morte nessa faixa etária também é maior. Uma forma de resolver isso se faz pela padronização etária das taxas. Foi esse o procedimento utilizado para comparar as taxas de mortalidade e internações nas cidades e nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Com isso, os dados foram “limpos” e foi possível avaliar apenas as diferenças no risco de morte e internação decorrente da concentração de poluentes.

Para comparar duas populações diferentes, ou então a mesma população ao longo do tempo, é necessário escolher uma população padrão. Essa população padrão é

arbitrária, e procura responder à seguinte questão: "Qual seria a taxa de mortalidade/internações na localidade X se ela tivesse a mesma estrutura etária da localidade Y?" Logo, os valores obtidos com a padronização só possuem efeito para comparação, ou seja, eles não correspondem aos reais valores das taxas na localidade de interesse. Detalhes dessa técnica podem ser encontrados em inúmeros trabalhos (Preston et al, 2001; Canudas-Romo, 2003). Aqui há mais interesse em apresentar os resultados que comparam as cidades e os estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Nesse exercício de padronização, foi utilizada a população (e estrutura etária) do Brasil no ano de 2010 como população padrão tanto para o Rio de Janeiro como para o São Paulo para todos os anos da série. Os resultados podem ser vistos nas Tabelas 21 a 23.

A Tabela 21 apresenta os resultados da padronização da taxa de mortalidade para os municípios do Rio de Janeiro e São Paulo entre 2006 e 2011.

Tabela 21 - Taxas de mortalidade (geral) por 100 mil habitantes padronizadas pela estrutura etária do Brasil em 2010 – municípios do Rio de Janeiro e São Paulo

Ano	Rio de Janeiro	São Paulo
2006	-	28,80
2007	19,4	26,07
2008	13,15	24,09
2009	17,94	20,03
2010	23,78	20,65
2011	28,76	22,17

Fonte: SIM/SUS, 2006 a 2011 e IBGE/Censo Demográfico, 2010.

Observa-se que as taxas de mortalidade padronizadas para o município de São Paulo são maiores que do Rio de Janeiro em todos os anos, exceto 2010 e 2011. Em 2008, as taxas de São Paulo foram maiores que as do Rio em mais de 80%. O menor valor em 2010 e 2011 ocorreu em função da redução dos níveis de poluição para o município de São Paulo em 2011 (22,17 $MP_{2,5}$) quando comparado ao nível observado para o município do Rio de Janeiro (23,12 $MP_{2,5}$). O único valor cujo resultado não condiz com o maior risco de exposição ao poluente refere-se ao ano de 2010. Neste

ano, os níveis de poluição do município de São Paulo foram pouco maiores que os níveis encontrados para o Rio (21,37 e 19,56, respectivamente), mas as taxas de mortalidade do Rio foram maiores (23,78 mortes por 100 mil habitantes) do que as observadas em São Paulo (20,65 mortes por 100 mil habitantes).

Como o número atribuível de mortes varia em função do número total de mortes, se em algum ano o número de mortes em um município apresentou alta ou redução do número total de mortes em relação a outro ano, isso vai afetar o total de mortes atribuíveis à poluição. Por que isso ocorre? Porque para calcular o número de mortes atribuíveis à poluição, utilizamos parâmetros com base em estudos de meta-análise, e não à observação efetiva das mortes decorrentes de poluição (que seriam encontradas a partir de exames biológicos de pessoas que foram a óbito).

Para o município do Rio de Janeiro, por exemplo, observa-se que o maior número de mortes ocorreu para o ano de 2010, diferente de São Paulo, que não apresentou nenhuma variação fora da tendência (Tabela 22). Esse valor maior do total de mortes para o município do Rio, em 2010, explica grande parte a diferença encontrada na taxa de mortalidade padronizada entre o ERJ e o Estado de São Paulo.

Tabela 22 - Número total de mortes – municípios do Rio de Janeiro e São Paulo

Ano	Rio de Janeiro	São Paulo
2006	50.866	66.531
2007	51.399	66.838
2008	51.796	67.111
2009	52.564	68.942
2010	53.846	70.153
2011	52.524	71.728

Fonte: SIM/SUS, 2006 a 2011.

Tabela 23 - Taxas de mortalidade (geral) por 100 mil habitantes padronizadas pela estrutura etária do Brasil em 2010 – Estados Rio de Janeiro e São Paulo

Ano	Rio de Janeiro	São Paulo
2006	34,75	37,02
2007	33,08	35,05
2008	28,87	31,45
2009	25,97	24,61
2010	28,90	30,29
2011	27,70	29,73

Fonte: SIM/SUS, 2006 a 2011 e IBGE/Censo Demográfico, 2010.

Comparando apenas as taxas de mortalidade para a população do Estado do Rio de Janeiro ao longo do tempo, observa-se que o valor mais alto da taxa de mortalidade foi em 2006, de quase 35 mortes atribuíveis à poluição (por 100 mil habitantes). O menor valor da série foi em 2009, com quase 26 mortes por 100 mil habitantes. Antes da padronização, o maior valor da série havia sido para o ano de 2007, com 36 óbitos por 100 mil habitantes (VORMITTAG, 2013), e o menor também para 2009, com quase 30 óbitos por 100 mil habitantes.

Analisando-se apenas os óbitos para o Estado de São Paulo ao longo de 2006 a 2011, verifica-se que o maior valor da série também corresponde ao ano de 2006, de quase 37 mortes atribuíveis à poluição (por 100 mil habitantes), e o menor ao ano de 2009, com aproximadamente 25 mortes por 100 mil habitantes. O valor desse ano é menor que o encontrado para o Estado do Rio de Janeiro, pois os níveis de poluição para o Estado de São Paulo, em 2009, foram menores que os encontrados para o Estado do Rio de Janeiro.

Para todos os outros anos, exceto em 2009, a poluição do Estado de São Paulo foi maior que a do Rio de Janeiro, o que resultou em taxas de mortalidade maiores. Como a padronização elimina o efeito da estrutura etária, que poderia prejudicar a comparação entre as taxas do Rio e São Paulo, verifica-se que como os níveis de

poluentes para o Estado São Paulo são maiores, isso se resulta em taxas de mortalidade maiores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nível de poluição por $MP_{2,5}$ no ERJ está relativamente estável, porém elevado para todos os anos – médias anuais de concentrações de $MP_{2,5}$ iguais ou maiores que o dobro do valor recomendado pela OMS de 2006 a 2012. A média anual de 2012 é 20,51 µg/m³ (padrão da OMS é 10 µg/m³), significa que os habitantes do ERJ respiraram, neste ano, 105% a mais do poluente do que se poderia para não correr o risco para sua saúde. Poder-se-ia dizer, de outra forma, que neste ano os habitantes respiraram 1,05 vez a mais o que poderiam em um ano (10 µg/m³) ou respiraram em um ano, o equivalente a 2 anos e 25 dias.

A RMRJ é mais poluída que as demais regiões e acima da média do Estado. As sete cidades mais poluídas nos últimos dois anos são: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende, Rio de Janeiro e Itatiaia.

Em 2011 e 2012, há 3 e 4 municípios respectivamente, com maior média de poluição que a cidade do Rio de Janeiro: Nova Iguaçu, Duque de Caxias e Resende; e Duque de Caxias, Itaboraí, Macuco e Porto Real, indicando que o problema de poluição atmosférica se estende para além da capital fluminense ou outras cidades localizadas na RMRJ.

Os municípios que apresentam o maior nível de concentração do poluente, acima de 3 vezes o padrão da OMS, estão localizados na RMRJ, são: Nova Iguaçu em 2011 e Duque de Caxias e Itaboraí em 2012.

Contabiliza-se 36.194 mortes e 65.102 internações na rede pública de saúde devido à poluição, cuja valoração alcança um gasto público de R$ 82 milhões. Morrem 14 pessoas por dia no ERJ devido à má qualidade do ar. Por ordem de importância, os municípios que apresentam o maior risco de morte devido à poluição são: Macuco, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Itaboraí, Barra Mansa e Rio de Janeiro.

A cidade do Rio de Janeiro apresentou melhores condições da qualidade do ar durante 4 anos, 2007 a 2010, e, em 2011, São Paulo teve melhores condições. Observa-se que as taxas de mortalidade padronizadas para o município de São Paulo são maiores que do Rio de Janeiro em todos os anos, exceto 2010 e 2011. Em relação aos estados, durante 5 anos, entre 2006 a 2011, o ERJ apresentou melhores condições de qualidade

do ar, com exceção do ano 2009, que foi melhor para o Estado de São Paulo. Assim, as taxas de mortalidade são maiores para o Estado de São Paulo exceto em 2009.

Espera-se que os resultados aqui apresentados possam inspirar e beneficiar o Estado do Rio de Janeiro.

Até aqui o relatório apresentou exaustivamente dados numéricos e informações objetivas. Neste momento, nos permitimos a fazer considerações opinativas e interpretativas, a respeito dessa massa de informações, e que não devem, em absoluto, ser encaradas como verdade absoluta.

Por diversas razões, os resultados ambientais do estudo podem estar subestimados, e por consequência, os resultados epidemiológicos e econômicos:

1. O Estado do Rio de Janeiro é o único Estado nacional que inclui estações de monitoramento privadas na sua rede - 48,7% das estações (39/80), monitoramento este relacionado ao licenciamento ambiental. E, justamente, a grande maioria das estações automáticas 87% (34/39) - de empreendimentos industriais, objeto deste estudo, pertence à rede privada. Portanto, o monitoramento do ar é privado em sua maioria. As estações privadas são importantes e devem fazer parte do controle da qualidade do ar, mas pertencem a outra pauta, o licenciamento ambiental. Segundo Santi e cols, o método de gerência pública a partir de estações privadas exige um acompanhamento rigoroso para se garantir a confiabilidade e qualidade dos dados gerados, caso contrário poderá estar sujeito a distorções das condições reais da poluição da região sob monitoramento (SANTI et al., 2000);
2. Número insuficiente de estações públicas;
3. Comparando dados provenientes de outras fontes, INEA e IEMA, as estações da rede semiautomática se encontram, quase em sua totalidade, acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990 e a rede automática, abaixo do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990;
4. É possível que, de forma geral, parte das estações incluídas neste estudo represente mais a emissão de poluentes de fontes fixas;
5. Provável menor representatividade de estações de fontes móveis;
6. Queda abrupta da média de $MP_{2,5}$ em 4 $\mu g/m^3$ em Nova Iguaçu, provocando valor negativo da mortalidade atribuível.

7. Estudos posteriores serão necessários para confirmar níveis de poluição atmosférica acima dos resultados aqui observados.

O ERJ progrediu pouco na implementação de estações de monitoramento automáticas, deixando de realizar as mais atuais e melhores práticas. Nenhum estado brasileiro, até mesmo os com PIBs menores, adotou estações privadas.

Vale chamar a atenção para outro fato importante, a comunicação dos dados de monitoramento no website do INEA. Os boletins diários ou dados que são apresentados em tempo real referem-se às medidas das estações automáticas, ou seja, basicamente a leitura das estações privadas. Há um atraso substancial na publicação de seus Relatórios, ainda que bianuais.

A indefinição de novos padrões em âmbito nacional dificulta um controle mais rigoroso dos níveis de poluição, protela medidas efetivas para o combate da poluição atmosférica por fontes automotoras e industriais no país e que tem custado à vida de milhões de brasileiros, mortos precocemente ou adoecidos durante todos esses anos, inconcebível para o objetivo maior do monitoramento do ar, a salvaguarda da saúde da população. No entanto, tão grave quanto as consequências em saúde, a utilização dos padrões de ar defasados e desatualizados mascaram a informação ao cidadão de que o cenário do ar a que está exposto pode acarretar prejuízo a sua saúde. Atualmente a revisão da Resolução CONAMA nº 03/1990 está em discussão no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O Grupo de Trabalho aprovou a atualização dos padrões seguindo a referência da OMS, no entanto não houve consenso sobre o prazo para se atingir os valores recomendados. De uma lado, o Ministério Público Federal, Ministério da Saúde e Organizações da Sociedade civil defendem o prazo de 9 anos, escalonado em metas intermediárias para se atingir o padrão final, base deste trabalho. De outro, o Ministério do Meio Ambiente, órgãos ambientais estaduais e Conselho Nacional das Indústrias defendem o escalonamento de metas intermediárias, sem prazo definido, a depender da avaliação própria dos estados na capacidade de se atingir a meta intermediária da próxima etapa. A decisão deste impasse caberá à Câmara Técnica. Comemorou-se o jubileu de prata do PRONAR e o mesmo não foi cumprido pelos estados. Vinte e cinco anos se passaram e o Brasil possui 1,7% dos seus municípios monitorados por 252 estações. A despeito dos dados que aí estão, e do relutante

aprendizado de 25 anos, corre-se o risco da Resolução ser aprovada sem a segurança necessária de que será cumprida.

O Instituto Saúde e Sustentabilidade realizou um estudo, cujos resultados têm como finalidade informar ao gestor público o quanto se perde em vidas, saúde e recursos públicos ao adiar medidas que contribuam para a melhoria da qualidade do ar. Caso a poluição se mantenha aos patamares de hoje, até 2030, estima-se o número total de 240 mil óbitos e um milhão de internações com dispêndio público de mais de R$ 1,5 bilhão a preços de 2011, no Estado de São Paulo (VORMITTAG, 2014). As mortes e doenças atribuíveis à poluição são efetivamente evitáveis e as medidas para isso são conhecidas.

A magnitude dos resultados aponta para a necessidade de implementação de medidas mais rigorosas e urgentes para o controle da poluição do ar. Neste sentido, estudos de impacto sobre a saúde, servem como instrumentos de informação baseada em evidências à sociedade civil e auxílio aos planejadores para definição de novos critérios de controle da emissão de poluentes.

No entanto, há um vácuo entre os prejuízos à saúde da população, os gastos governamentais devido à poluição do ar e as medidas de proposição de controle das emissões, que são praticamente inócuas e nem avançam com a energia necessária para a resolução, ou mitigação significativa, em um horizonte visível.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, H. R. et al. **Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O_3).** Copenhagen: WHO, 2004.

BELL, M. L. et al. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City. **Environmental Research**, v. 100, n. 2006, p. 431 - 440, 2005.

BRAGA, A. L. et al. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatric Pulmonology**, v. 31, p. 106 - 133, 2001.

BRASIL. **Lei nº 10.650 de 16 de abril de 2003**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm>. Acesso em: 10 out. 2014.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 28 ago. 2014.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989**. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>. Acesso em: 10 out. 2014.

CANÇADO, E. D. et al. The Impact of Sugar Cane - Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. **Environmental Health Perspectives,** v. 114, n. 5, p. 725, 2006.

CANUDAS-ROMO, V. **Decomposition methods in demography**. Amsterdam: Purdue University Press, 2003.

CAREY, I. M. et al. Mortality Associations with Long-Term Exposure to Outdoor Air Pollution in a National English Cohort. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 187, p. 1226 - 1233, 2013.

CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro**. Centro de Estatísticas, Estudos e Pesquisas - CEEP**. 2014**.** Disponível em: < http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/ceep.html>. Acesso em: 10 out. 2014.

CONCEIÇÃO, G. M. S. et al. Air Pollution and Child Mortality: A Time-Series Study in São Paulo, Brazil. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, p. 347 - 350, 2001.

COOPER, M. J. et al. A satellite-based multi-pollutant index of Global Air Quality. **Environ. Sci. Technol.**, v. 46, n. 16, p. 8523 - 8524, 2012.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. **Estatísticas - frota. 2014**. Disponível em: < http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: 10 out. 2014.

DOCKERY, D. W. et al. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. **The New England Journal of Medicine**, v. 329, n. 24, p. 1753 - 1759, 1993.

ESPÍRITO SANTO. **Decreto nº 3463-R de 16/12/2013**. Disponível em: < http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=262999>. Acesso em: 10 out. 2014.

FAJERSZTAJN, L. et al. Air pollution: a potentially risk factor for lung cancer. **Nature Reviews Cancer**, v. 13, p. 674 - 678, 2012.

FARHAT, S. C. L. et al. Effect o fair pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 2, p. 227 - 235, 2005.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Relatório Anual de Qualidade do Ar**. Rio de Janeiro: FEEMA, 2007. Disponível em: <http://goo.gl/NEMoVx >. Acesso em: 15 out. 2014.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. Lyon: WHO, 2013. Disponível em: < http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries estatísticas: Cidades**. 2014. Disponível em: <http://goo.gl/oz46XM>. Acesso em: 28 ago. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. IBGE, 2010. Disponível em: < http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 out. 2014.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: IEMA, 2014. Disponível em: <http://www.energiaeambiente.org.br/index.php/conteudo/35>. Acesso em: 15 out. 2014.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório da qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro - ano base 2010 e 2011**. Rio de Janeiro: INEA, 2013. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/>. Acesso em: 10 ago. 2014.

LADEN, F. et al. Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 173, p. 667 - 672, 2006.

LEPEULE, J. et al. Chronic Exposure to Fine Particles and Mortality: An Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study from 1974 to 2009. **Environmental Health Perspectives**, V. 120, n. 7, p. 965 - 970, 2012.

LIN, C. A. et al. Air pollution and neonatal deaths in São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 5, p. 765 - 770, 2004.

MEDEIROS, A. et al. Relationship between low bithweight and air pollution in the city of São Paulo, Brazil. **Public Health Magazine**, v. 39, n.6, p. 965 - 972, 2005.

MS - Ministério da Saúde. **Informações de Saúde - estatísticas vitais (DataSUS)**. 2014. Disponível em: < http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acesso em: 10 out. 2014.

MURRAY, C. J. L; LOPEZ, A. D. **The global burden of disease: A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020**. Harvard School of Public Health. Cambridge, Massachusetts, 1996.

NASCIMENTO, L. F. C. et al. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP. **Revista Saúde Pública**, v. 40, n. 1, p. 77 - 82, 2006.

NAWROT, T. S. et al. Public health importance of triggers of myocardial infarction: a comparative risk assessment. **The Lancet**, v. 377, p. 732 - 740, 2011.

NIELSEN, O. R. et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). **The Lancet Oncology**, v. 14, n. 9, p. 813 - 822, jul. 2013.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction**. OECD:2012. Disponível em: <http://goo.gl/qXDHAX>. Acesso em: 10 out. 2014.

PEREIRA, L. A. et al. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. **Environ Health Perspect**, v. 106, p. 325 - 329, 1998.

PETERS, A. Particulate matter and heart disease: Evidence from epidemiological studies. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 207, n. 2005, p. 477 - 482, 2005.

PRESTON, S. H.; HEUVELINE, P.; GUILLOT. **Demography**: measuring and modeling population processes. Massachusetts: Blackwell, 2001, 291 p.

POPE, C. A. et al. Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. **Circulation**, v. 109, p. 71 - 77, 2004.

POPE, C. A. et al. Lung cancer, cardiopulmonar mortalilty, and long-term exposure to fine particulate air pollution. **Journal of the American Medical Association**, v. 287, p. 1132 - 1141, 2002.

POPE, C. A. et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 151, p. 669-674, 1995.

POPE, C. A. et al. Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 151, p. 669 - 674, 1994.

POPE, C. A.: DOCKERY, D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. **Air & Waste Management Association**, v. 56, p. 709 - 742, 2006.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Orçamento Anual 2012**. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Rio de Janeiro: SEPLAG, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/KxG6e0>. Acesso em: 12 out. 2014.

SALDIVA, P. H. N. et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil. **Arch Environ Health**, v. 50, n. 2, p. 159 - 163, 1995.

SANTI et al. **Monitoramento da qualidade do ar: avaliação de metodologia baseada no licenciamento ambiental**. In: Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, XXVII, Porto Alegre, 2000.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013**. Disponível em: <http://goo.gl/3HxH1i>. Acesso em: 10 out. 2014.

ULIRSCH, G.V. et al. Effect of particulate matter air pollution on hospital admissions and medical visits for lung and heart disease in two southeast Idaho cities. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 17, p. 478 - 487, 2007.

VAHLSING, C.; SMITH. K. R. Global review of national ambient air quality standards for MP_{10} and SO_2 (24h). **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 5, n. 4, p. 393 - 399, 2012.

VORMITTAG, E. M. P. A. A. et al. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014a. Disponível em: <http://goo.gl/oQ9Yrs>. Acesso em: 10 out. 2014.

VORMITTAG, E. M. P. A. A. et al. **Projeção da mortalidade, internações hospitalares na rede pública e gastos públicos em saúde decorrentes da poluição atmosférica no Estado de São Paulo de 2012 a 2030**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014b. Disponível em: <http://goo.gl/oQ9Yrs>. Acesso em: 12 out. 2014.

VORMITTAG, E. M. P. A. A. et al. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/oQ9Yrs>. Acesso em: 10 out. 2014.

WHO -World Health Organization. **7 million premature death annually linked to air pollution**. Geneva: WHO, 2014a. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>. Acesso em: 10 out. 2014.

WHO - World Health Organization. **Public health, environmental and social determinants of Health**. Copenhagen: WHO, 2014 b http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/./>. Acesso em: 10 out. 2014.

WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines - Global Update 2005**. Copenhagen: WHO, 2006. Disponível em: < http://goo.gl/XQRNLZ>. Acesso em: 10 out. 2014.

ANEXOS

Anexo 1

Nota metodológica sobre estimativas da carga de doenças atribuível à poluição – Rio de Janeiro e São Paulo

Introdução

O objetivo dessa nota metodológica é apresentar as principais modificações ocorridas nas estimativas da carga de doenças atribuíveis à poluição para o estudo do Rio de Janeiro em relação ao de São Paulo.

A mudança visa se adequar mais propriamente à metodologia utilizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Basicamente, a mudança refere-se à introdução do componente dado pela fração atribuível que, nos estudos de poluição, corresponde à proporção de casos (mortes e internações) que poderiam ser evitados caso se a exposição ao poluente fosse reduzida ou eliminada. A nova metodologia foi adotada após contato com a área do *Environmental Burden of Disease* da OMS, responsável por estimar a carga de doenças atribuível à poluição no mundo.

Ao final do relatório serão apresentados, também, os resultados antes e depois da mudança metodológica para o Estado de São Paulo, a fim de comparar as estimativas com as duas metodologias.

1. Metodologia

No estudo realizado pelo Instituto Saúde e Sustentabilidade em 2013, as mortes e internações atribuíveis à poluição foram calculadas diretamente a partir dos dados de risco relativo3. O risco relativo, ou a razão de ocorrência do evento para indivíduos expostos e não expostos, foi obtido dos trabalhos que analisam a relação entre poluição

[3] O risco relativo corresponde à razão da incidência de doenças em indivíduos expostos sobre a incidência da ocorrência de eventos em indivíduos não expostos. Neste caso, a exposição refere-se ao $MP_{2,5}$.

atmosférica e desfechos em saúde (mortes ou internações por determinadas causas), e então multiplicado pela variação no nível de poluentes, conforme Quadro 1.

Na nova metodologia, utilizamos o parâmetro beta para calcular o risco relativo, já levando-se em conta a variação no nível de poluentes a que o grupo de expostos está sujeito. A partir do risco relativo calculado especificamente para a população alvo, é necessário incluir um outro componente, dado pela fração atribuível (FA). A FA denota o risco da ocorrência do evento na população exposta, risco esse atribuível à poluição. Ela pode ser calculada de várias formas. Quando não temos as taxas de incidência disponíveis4 (como é o caso da poluição, em que não temos taxas de incidência atribuíveis à poluição extraídas diretamente dos sistemas de informação dados), utilizamos uma formula alternativa que usa apenas o risco relativo (RR).

Quadro 1. Passo a passo da metodologia adotada no trabalho do Rio de Janeiro e em São Paulo

Antiga metodologia	Nova metodologia
1 – Passo único: $Y^{atrib} = RR * \Delta PM_{2,5} * Y * 0,1$	1 – Calcular o risco relativo a partir do beta encontrado em estudos de meta-análise $RR = \left[\frac{\left(PM_{2,5}^{Observado} + 1\right)}{\left(PM_{2,5}^{Padrão} + 1\right)} \right]^{beta}$
	2 – Encontrar a fração atribuível: $FA = \frac{(RR - 1)}{RR}$
	3 – Encontrar o número de eventos atribuíveis à poluição: $O^{Atribuível,t} = O^{t} * FA$

Enquanto o RR expressa uma razão de probabilidades, a FA expressa o percentual da população que teria seu risco aumentado ou diminuído em decorrência da exposição ao evento de interesse. A multiplicação por esse percentual, então, é uma forma mais correta do que a multiplicação por uma probabilidade.

[4] Não dispomos de taxas de incidência de eventos de saúde de interesse uma vez que não é possível saber, por exemplo, se uma determinada morte ocorreu em decorrência da poluição analisando os bancos de dados. É necessário encontrar a relação entre níveis de poluição e eventos de saúde, o que se faz por meio de técnicas estatísticas de regressão. Desse resultado é extraído o parâmetro beta que, então, é utilizado no cálculo do risco relativo.

2. O que muda com a mudança metodológica?

Apesar de a metodologia ser distinta, os resultados praticamente não mudam, uma vez que correspondem a probabilidades e percentuais muito pequenos. Na saúde pública, por exemplo, existe tanto a medida de Risco Relativo (razão de probabilidades) quanto a de odds ratio (OR), que é a própria probabilidade. Quando os valores de RR ou OR são muito pequenos, pode-se utilizar o OR como medida do RR. Por essa razão, os valores entre as duas metodologias são muito próximos. A diferença no total de mortes atribuíveis à poluição para o Estado de São Paulo é de menos de 4 mil mortes entre as duas metodologias no período de 2006 a 2011.

Tabela 1. Comparação do número de mortes atribuíveis à poluição com as duas metodologias – Mortalidade geral, 2006 a 2011

Metodologia utilizada no cálculo do número de mortes atribuíveis à poluição	Número de mortes atribuíveis à poluição – 2006 a 2011
Metodologia anterior	99.084
Metodologia nova	95.254

Fonte: Sistema de Informações de Mortalidade (SIM/SUS) e Ceagesp, 2006 a 2011.

Realização

Apoio

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE

Av. Faria Lima 1826, cj. 806
Jardim Paulistano 01451-001 São Paulo SP
Tel 55 11 3759-0472
contato@saudeesustentabilidade.org.br
www.saudeesustentabilidade.org.br