Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública

Associação da função pulmonar de indivíduos fumantes e
não fumantes com a qualidade do ar, nas cidades de
Cubatão e Bertioga

Luiz Carlos Rodrigues Guanabara

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Saúde Pública para obtenção
do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. João Vicente de
Assunção

São Paulo
2011

Associação da função pulmonar de indivíduos fumantes e
não fumantes com a qualidade do ar, nas cidades de
Cubatão e Bertioga

Luiz Carlos Rodrigues Guanabara

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Saúde Pública da Faculdade de
Saúde Pública da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prof. Dr. João Vicente de
Assunção

São Paulo

2011

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese/dissertação.

*Aos meus queridos pais Luiz e Ione,
sempre presentes na minha vida,
por todo esforço e dedicação,*

*À minha amada filha Ana Júlia, principal razão da minha vida,
pelo seu amor e por todo o seu carinho, que foi
fundamental para eu chegasse até aqui
com entusiasmo e força em todos desafios.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, onde encontro força e paz, sempre.

Ao meu orientador professor Dr. João Vicente de Assunção pelas palavras seguras, pela compreensão, paciência, sabedoria e orientação.

Ao professor Dr. Luiz Alberto Amador Pereira pelas inúmeras sugestões, disponibilidade e atenção.

À Professora Dr^a Helena Ribeiro que sempre prontamente se colocou a disposição para eventuais esclarecimentos.

À Dr^a Célia Pesquero pela gentileza em compartilhar o Laboratório de Qualidade do Ar e Ventilação da FSP/USP e prontamente me auxiliar e acompanhar na execução dos procedimentos.

Ao Nilson do Departamento de Saúde Ambiental por seu auxílio nos trabalhos de campo, como também no tratamento dos dados pelo Epi-info.

À Ana Paula Francisco que muito contribuiu nos procedimentos laboratoriais realizados no LAPAT (IAG/USP), auxiliando e transmitindo seus conhecimentos.

À amiga professora Dr^a Silene Purificação que incentivou o início deste estudo e sempre apoiou e colaborou para o seu desenvolvimento.

Ao professor Dr. Rafael Cusatis Neto, pelo seu auxílio, dedicação e sua contribuição neste estudo.

A Prefeitura do Município de Bertioga, especialmente o secretário de Meio Ambiente Rogério Leite dos Santos que colaborou para que este estudo pudesse ser realizado.

Aos funcionários da Prefeitura do Município de Cubatão e de Bertioga que participaram da pesquisa.

À CETESB por disponibilizar dados de qualidade do ar, seja nos relatórios anuais como no sistema QUALAR

Aos alunos do curso de Fisioterapia da UNAERP/GUARUJÁ que auxiliaram na execução dos testes espirométricos,

A todas as pessoas que concordaram em participar do estudo, pela colaboração e disponibilidade.

Aos amigos, Cristiano de Sousa, Silene Purificação, Rafael Cusatis, Nazareti Alves e Vanessa Barco, por contar sempre com a amizade e colaboração de vocês.

Enfim, a todos que contribuíram, durante esta caminhada, o meu carinho atencioso.

RESUMO

Guanabara, LCR. Associação da função pulmonar de indivíduos fumantes e não fumantes com a qualidade do ar, nas cidades de Cubatão e Bertioga. [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2011.

Introdução: O interesse científico sobre os efeitos da qualidade do ar na função respiratória e na saúde humana tem aumentado, principalmente nos grandes centros urbanos e nos centros industriais. Os poluentes atmosféricos têm sido associados a uma grande variedade de sintomas, disfunções e doenças agudas e crônicas, em especial no aparelho respiratório. Em regiões industriais como Cubatão espera-se uma maior ocorrência de efeitos adversos quando comparadas com as cidades de melhor qualidade do ar. **Objetivo:** O objetivo deste estudo foi verificar a associação entre poluição atmosférica e alterações da função pulmonar em indivíduos fumantes e não fumantes decorrentes da exposição crônica à poluição, na faixa etária de 29 a 50 anos, nos municípios de Cubatão e Bertioga. **Método:** Trata-se de estudo ecológico transversal em duas cidades geograficamente próximas e de condições climáticas semelhantes. O trabalho foi subdividido em três fases. Inicialmente foi realizada a mensuração da qualidade do ar na região central da cidade de Bertioga, tendo como parâmetros as Partículas Totais em Suspensão (PTS), as Partículas Inaláveis (MP₁₀) e o Ozônio (O₃). Os dados de qualidade do ar de Cubatão foram os da rede de monitoramento da CETESB, estação Cubatão/Centro. Na sequência foram aplicados questionários de sintomas respiratórios em ambos os municípios, sendo a amostra constituída de funcionários públicos municipais. Por último, foram realizados os testes espirométricos para verificar a função respiratória dos participantes. **Resultados:** Os resultados das medidas de concentração de poluentes em Bertioga indicam uma boa qualidade do ar; as médias obtidas foram de 26,5 µg/m³ para PTS, 15,2µg/m³ para MP₁₀ e 23,4 µg/m³ para o O₃. As concentrações em Cubatão, no mesmo período, mostraram-se mais elevadas. Os resultados do questionário sócio clínico e de sintomas respiratórios mostraram que, em Cubatão é mais frequente e significativa (p<0,05) a ocorrência de doença respiratória, de tosse sem resfriado, de manifestação de coceira no nariz, bem como de resfriados, quando comparada a Bertioga. A presença de não fumantes com doença pulmonar foi maior em Cubatão e significativa estatisticamente (p<0,05). O teste espirométrico constatou que o número de distúrbios ventilatórios foi maior em Cubatão e com significância estatística (p<0,05), com predomínio de distúrbio ventilatório restritivo leve (DVR) e distúrbio ventilatório obstrutivo moderado (DVO). Em Bertioga distúrbios graves foram mais frequentes, porém foram associados a doenças respiratórias crônicas pré-existentes. Não houve influência do tabagismo nas duas populações estudadas, ou seja, fumar foi igualmente prejudicial à saúde dos indivíduos em ambas as cidades. A presença de DVR sem evidência de doença pré-existente indica provável associação do decréscimo da função respiratória em decorrência da exposição à poluição atmosférica. **Conclusão:** Concluiu-se que Cubatão apresenta maior risco de desenvolver alterações da função respiratória dos indivíduos, comparada a Bertioga, que deve estar relacionada à maior exposição aos poluentes atmosféricos, considerando que as condições climáticas são semelhantes.

Palavras chave: Espirometria, poluentes atmosféricos, concentração de poluentes, função respiratória, morbidade respiratória.

ABSTRACT

Guanabara, LCR. Association of pulmonary function of smokers and non smokers to the air quality in Cubatão and Bertioga cities. [Master Dissertation]. São Paulo: School of Public Health of USP; 2011.

Introduction: The scientific interest in studying about the air quality effects on pulmonary function and health has been often developed, mainly in big cities and industrial areas. Many pulmonary symptoms, dysfunctions, acute and chronic diseases have been related to pollution. It is estimated to see a higher number of side effects cases occurred in industrial areas like Cubatão than other cities where the air quality is better. **Objective:** The aim of this study was to assess the association between air pollution and lung function changes in smokers and non smokers from exposure to chronic pollution, aged 29 to 50 years in the cities of Cubatão and Bertioga. **Method:** It is based on a transversal ecological study developed in two cities, which are next to each other and have similar weather conditions. This work has been divided in three parts. At first, the air quality in Bertioga city was based on Total suspended solids (PTS), particulate matter (PM₁₀) and Ozone (O₃), in downtown area. The air quality statistics were from CETESB (Cubatão station). A respiratory symptoms survey was given to a group of public workers from both cities. At the end, the participants used a spirometer to evaluate their breathing capacity. **Results:** The of pollutants in Bertioga city resulted in a good air quality with average of 26.5 mg/m³ for PTS, 15.18 mg/m³ for PM₁₀ and O₃ showed 23.4 mg/m³. In Cubatão, the number of pollutants was higher. The respiratory symptoms were more evident (p<0,05) if compared to Bertioga as well as the pointed out that the number of breathing alterations is statistically higher in Cubatão. However, serious alterations can be found in Bertioga due to preexistent chronic pulmonary illnesses. The tobacco did not offer any difference on these two groups of people. The restrictive pulmonary alteration in people who have no previous disease is possibly present because of their contact with the air pollution. **Conclusion:** It is concluded that Cubatão city brings more of pulmonary function alterations than Bertioga because the people who live there are constantly exposed to the pollutants.

Keywords: Spirometry, air pollutants, pollutant concentration, lung function, respiratory disease.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Qualidade do ar e poluição atmosférica	18
1.2	Poluição atmosférica e doenças respiratórias	25
1.3	Poluentes atmosféricos e efeitos gerais sobre a saúde	28
1.3.1	Dióxido de enxofre	29
1.3.2	Dióxido de nitrogênio	29
1.3.3	Monóxido de carbono	30
1.3.4	Ozônio	30
1.3.5	Material particulado	31
1.3.6	Fumaça do cigarro e outros poluentes	31
1.4	Mecanismos biológicos das alterações pulmonares causadas pelo material particulado e pelo ozônio	32
1.4.1	Material particulado e mecanismo biológico das alterações pulmonares	33
1.4.2	Ozônio e mecanismo biológico das alterações pulmonares	39
1.5	Função pulmonar e espirometria	42
1.6	Justificativa	47
2	OBJETIVOS	52
2.1	Geral	52
2.2	Específicos	52
3	MÉTODO	53
3.1	Tipo de estudo	53
3.2	Caracterização da área de estudo	53
3.3	Período de estudo	54
3.4	População de estudo	54
3.5	Caracterização da população estudada	55

3.6	Coleta de dados	55
3.6.1	Coleta de PTS	57
3.6.2	Coleta de MP10	59
3.6.3	Coleta de O ₃	61
3.7	Questionário de sintomas respiratórios e espirometria	67
3.7.1	Questionário de sintomas respiratórios	67
3.7.2	Espirometria	69
3.7.3	Variáveis espirométricas utilizadas no teste	72
3.8	Método de análise de dados	76
4	RESULTADOS	77
4.1	Resultados de PTS	77
4.2	Resultados de PM ₁₀	79
4.3	Resultados de Ozônio	82
4.4	Resultados dos questionários e testes espirométricos	83
5	DISCUSSÃO	105
6	CONCLUSÃO	120
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
8	ANEXOS	137
8.1	ANEXO I - Aprovação do Comitê de Ética	137
8.2	ANEXO II - Termo de responsabilidade do pesquisador	138
8.3	ANEXO III - Termo de consentimento livre e esclarecido	139
8.4	ANEXO IV - Questionário sócio-clínico e de sintomas respiratórios	140
8.5	ANEXO V – Formulário de campo para amostragem de partículas totais em suspensão (PTS) utilizado pelo Laboratório de Qualidade do Ar e Ventilação da FSP/USP	145
8.6	ANEXO VI - Formulário de campo para amostragem do MP ₁₀ utilizado pelo Laboratório de Qualidade do Ar e Ventilação da FSP/USP	147
8.7	ANEXO VII – Teste espirométrico – Modelo de registro de dados	149

Lista de Quadros

Quadro 1	Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº03 de 8/06/90)	22
Quadro 2	Índice de Qualidade do Ar e Saúde	23
Quadro 3	Níveis máximos para poluentes clássicos, recomendados pela Organização Mundial de Saúde, para proteção à saúde, exceto câncer e odor	24
Quadro 4	Condições de análise para mensuração de anions em Cromatografia a líquido com detector por condutividade elétrica	66
Quadro 5	Períodos de coleta de O ₃ em Bertioga	66
Quadro 6	Índice de dispnéia modificado no MRC adaptado	68

Lista de Tabelas

Tabela 1	Concentração diária de PTS no município de Bertioga no período de 11 de outubro a 17 de dezembro de 2010	77
Tabela 2	Concentração diária de MP10 no município de Bertioga no período de 10 de janeiro a 21 de março de 2011	79
Tabela 3	Concentração de ozônio em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas cidades de Bertioga e Cubatão	82
Tabela 4	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a etnia nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	85
Tabela 5	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o estado civil nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	85
Tabela 6	Distribuição dos participantes da amostra segundo o nível de escolaridade nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	86
Tabela 7	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o nível de renda nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	87
Tabela 8	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a idade, gênero e hábito tabágico no município de Bertioga, 2011	88
Tabela 9	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a idade, gênero e hábito tabágico no município de Cubatão, 2011	89
Tabela 10	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a condição de saúde relatada nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	90
Tabela 11	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato de histórico de presença de doença familiar, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	91
Tabela 12	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato de ser portador de doença respiratória, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	92
Tabela 13	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato do número de resfriados por ano, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	93

Tabela 14	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com os sintomas respiratórios apre ^{xi} os, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	94
Tabela 15	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com os sintomas correlacionados com as vias aéreas respiratórias superiores, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	95
Tabela 16	Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o número de presença de doença pulmonar em fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	96
Tabela 17	Distribuição dos participantes de acordo com o resultado dos testes espirométricos nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	97
Tabela 18	Distribuição dos participantes em conformidade com a gravidade dos resultados dos testes espirométricos e o número de casos existentes, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	98
Tabela 19	Distribuição da amostra de acordo com o número de distúrbios ventilatórios identificados, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	99
Tabela 20	Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes de acordo com o resultado normal ou alterado dos testes espirométricos, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	100
Tabela 21	Distribuição dos participantes não fumantes que realizaram o teste espirométrico e apresentaram disfunção respiratória nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	102
Tabela 22	Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes sem doença prévia que realizaram o teste espirométrico no município de Cubatão, 2011	103
Tabela 23	Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes sem doença prévia que realizaram o teste espirométrico no município de Bertioga, 2011	103

Lista de Figuras

Figura 1	Mecanismo fisiopatológico da ação das partículas no pulmão	35
Figura 2	Curvas típicas da definição de frações de partículas respiráveis torácicas e inaláveis	36
Figura 3	Como o material particulado pode afetar as vias respiratórias e o sistema cardiovascular (HRV = variabilidade da taxa cardíaca; ECG = eletrocardiograma)	38
Figura 4	Mecanismo fisiopatológico desencadeado pela ação do ozônio no pulmão	41
Figura 5	Capacidades e Volumes Respiratórios	43
Figura 6	Localização geográfica de Cubatão e Bertioga	54
Figura 7	Macro-localização dos pontos de amostragem de PTS, MP10 e O ₃ , em Bertioga	56
Figura 8	Prefeitura Municipal de Bertioga	57
Figura 9	AGV – PTS com o calibrador	58
Figura 10	AGV – Parâmetros	59
Figura 11	Equipamento AGV (PTS) no Pátio da Prefeitura Municipal de Bertioga	59
Figura 12	Amostrador AGV – PM ₁₀ no pátio da Prefeitura Municipal de Bertioga	60
Figura 13	Amostrador AGV – PM ₁₀ em preparação para a coleta	61
Figura 14	Ponto 1 - Forte São João vista frontal, lateral direita e lateral esquerda	62
Figura 15	Coletor fixado no Forte São João	62
Figura 16	Ponto “2” Avenida Anchieta vista frontal sentido balsa e vista aérea	63
Figura 17	Coletor fixado na Avenida Anchieta	63
Figura 18	Esquema do amostrador passivo OgawaR	64
Figura 19	Kit de substituição e “branco”, coletor Shelter e amostrador respectivamente	65
Figura 20	Espirômetro portátil Pony FX Cosmed	69
Figura 21	Turbina acoplada ao filtro descartável e boca descartável	70
Figura 22	Critérios e resultados de inclusão e exclusão do teste espirométrico por cidade	83

Lista de Gráficos

Gráfico 1	Evolução da distribuição percentual da qualidade do ar em relação a concentração de PTS em Cubatão na Vila Parisi (Região Industrial)	48
Gráfico 2	Evolução da distribuição percentual da qualidade do ar em relação a concentração de MP ₁₀ em Cubatão na região central	49
Gráfico 3	Distribuição percentual da qualidade do ar na região central de Cubatão com relação a concentração de ozônio	50
Gráfico 4	Concentração de PTS mensurado na cidade de Bertioga, 2011	78
Gráfico 5	Concentração de PM ₁₀ nos municípios de Bertioga e Cubatão no período de janeiro a março	80
Gráfico 6	Médias de concentração de MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas cidades de Bertioga e Cubatão, no período considerado, por mês de coleta	81
Gráfico 7	Proporção de doenças antecedente nos participantes dos testes espirométricos nos municípios de Bertioga e Cubatão	90
Gráfico 8	Distribuição dos participantes da amostra, conforme a presença de doença respiratória referida, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	92
Gráfico 9	Distribuição dos participantes da amostra, de acordo com alterações da função respiratória em fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	101
Gráfico 10	Proporção de alteração nos valores dos testes espirométricos dos participantes fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	101
Gráfico 11	Distribuição das doenças referidas pelos participantes que realizaram o teste espirométrico nas cidades de Cubatão e Bertioga	111
Gráfico 12	Distribuição dos participantes da amostra, de acordo com o relato de presença de doenças respiratórias em fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011	114
Gráfico 13	Resultados dos testes espirométricos	115

LISTA DE SIGLAS

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CI - Capacidade inspiratória

CO - Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COVs - Compostos orgânicos voláteis e semivoláteis

CPT - Capacidade pulmonar total

CRF - Capacidade residual funcional

CV - Capacidade vital

CVF – Capacidade Vital Forçada

DPOC - Doença obstrutiva crônica

DVM – Distúrbio Ventilatório Misto

DVO – Distúrbio Ventilatório Obstrutivo

DVR – Distúrbio Ventilatório Restritivo

EPA - Environmental Protection Agency

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

IMC – Índice de Massa Corporal

ÍNDICE DE TIFFENAU - Relação VEF₁ / CVF

NOX – Dióxido de nitrogênio

OMS - Organização Mundial de Saúde

PM_{2,5} - Material particulado respirável com diâmetro aerodinâmico $\leq$ a 2,5 μm

PM₁₀ - Material particulado inalável com diâmetro aerodinâmico $\leq$ que 10 μm e
> que 2,5 μm

PRONAR - Programa Nacional de Controle do Ar

PTS - Particulado Total em Suspensão

QUALAR - Sistema de Informações da Qualidade do Ar (CETESB)

SO₂ - Dióxido de enxofre

VC - Volume corrente

VEF_{25/75%} - Fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a
manobra de CVF; entre 25 e 75% da curva de CVF.

VEF₁ - Volume Expiratório Forçado no I^o XVI^o segundo

VEF₁ / CVF – Relação VEF₁ / CVF (Índice de Tiffenau)

VER - Volume expiratório de reserva

VIR - Volume inspiratório de reserva

VR - Volume residual

1. INTRODUÇÃO

1.1. QUALIDADE DO AR E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A preocupação e o interesse pela qualidade do ar, cada vez mais tem despertado uma relevante e crescente atenção com relação à saúde da população. A poluição atmosférica é considerada um problema global da humanidade em decorrência dos sintomas e das disfunções que ela pode provocar. A qualidade do ar que respiramos é influenciada pela poluição e pelo clima. O clima influencia a concentração de poluentes e alguns poluentes são fulcrais nas alterações climáticas, as quais, por seu lado influenciam o grau de poluição. Desta forma, a poluição, o clima e as alterações climáticas são fatores de considerada relevância para a saúde das populações (WHO, 2005).

A temática poluição atmosférica tem sido abordada como problema para os países desenvolvidos desde que a Revolução Industrial em meados do século XIX introduziu inúmeros processos tecnológicos que geram grande emissão de poluentes (VIANA et al., 2008).

Os estudos epidemiológicos e experimentais sobre poluentes e suas consequências para a saúde foram estimulados em razão dos casos que ocorreram no início do século XX, quando três episódios de elevações abruptas da concentração de poluentes do ar provocaram aumentos da morbimortalidade (Londres - Inglaterra, Vale do Meuse - França, e Donora - Pensilvânia - EUA, (BASCON, 1996), (CANÇADO et al., 2006).

Em Londres, em dezembro de 1952, um episódio resultou em 3500 a 4000 mortes após um dos piores *smogs* registrados (MANNINO, 1999). Medidas foram tomadas em vários países, e como forma de controle estabeleceu-se padrões de qualidade, impondo os limites máximos tolerados, a partir dos quais, a população exposta não sofreria danos à saúde. Tal medida teve como resultado reduções significativas dos níveis de poluente atmosféricos (FREITAS et al., 2004).

Inúmeros outros casos graves de alta concentração de poluentes na atmosfera

foram registrados, dentre eles segundo estudos de Firket em 1931 o de Meuse Valley, na Bélgica em 1930 que provocou a morte de mais de 60 pessoas (ROSEIRO, 2001).

Posteriormente, esta problemática acometeu os países em desenvolvimento, como o Brasil, onde a emissão de poluentes atmosféricos passou a ser considerada um sério problema ambiental. Tal ocorrência justificou-se pelo crescimento das cidades e seu respectivo e elevado crescimento geográfico, responsável pelo aumento das emissões de fontes veiculares e industriais, além das grandes áreas rurais com queima de biomassa que expõem diretamente as populações aos efeitos nocivos da poluição atmosférica (VIANA et al., 2008).

No Brasil, episódios agudos de poluição atmosférica foram registrados na década de 60 e 70 nas cidades de Santo André, São Bernardo, São Caetano do Sul e Mauá, municípios industriais da Grande São Paulo. Nesta ocasião houve grande preocupação em decorrência da superlotação dos prontos socorros em virtude de problemas respiratórios (CETESB, 2008).

Acreditava-se até a década de 1970 no Brasil, que os limites estabelecidos para os poluentes em outras localidades eram seguros, embora não houvesse até então controle efetivo sobre as emissões (BASCON, 1996).

A Portaria GM 0231, de 27.04.76 do Ministério do Interior, previa o estabelecimento de padrões de qualidade do ar, porém, somente para quando houvesse informação científica consistente sobre esta problemática (BRASIL, 1990); (FREITAS, SALDIVA, PEREIRA, 1996).

Nas décadas de 70 e 80, o pólo industrial de Cubatão, na baixada santista em São Paulo, o primeiro do país, era conhecido como a região mais poluída do mundo. Um levantamento inicial da poluição do ar, realizado no início da década de 80, apontava para o lançamento de cerca de 1.300 toneladas por dia de poluentes particulados e gasosos emitidos por fontes industriais na atmosfera de Cubatão. (FILHO, 1987).

Cubatão nesta ocasião foi intitulada de vale da morte. Esta ocorrência se deu em virtude do grande número de indústrias localizadas na região que não possuíam nenhum tipo de controle ambiental, ou seja, as fontes de emissão não eram controladas e também não possuíam dispositivos técnicos para esta função, acrescentando o fato da ausência de uma agência de fiscalização (COUTO, 2003). Em 1982 um estudo revelou que a concentração de material particulado em Cubatão, no ar da Vila Parisi tinha

chegado a 1.784 microgramas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no dia 19 de abril (CETESB, 2005). Segundo a Organização Mundial de Saúde, bastam 875 microgramas para matar crianças e idosos, dependendo do tempo de exposição (WHO, 2000).

Situações importantes de impacto sobre a saúde e o meio ambiente foram constatadas neste período. Efeitos tóxicos sobre a vegetação determinaram a degradação da floresta da Serra do Mar na região do pólo industrial de Cubatão onde existia alta concentração de poluentes. Os impactos da poluição sobre a saúde humana foram detectados de várias formas. O ar respirado estava altamente alterado com uma grande concentração de poluentes de diversas origens. Verificou-se nesta ocasião aumento no número de natimortos e um crescimento do número de intoxicações e registros de doenças cardiorespiratórias e vasculares em Cubatão (COUTO, 2003).

De acordo com reportagem do jornal O Estado de São Paulo, no ano de 1979, Cubatão superava as cidades vizinhas em mais de quatro vezes no número de doenças respiratórias. No período de outubro de 1981 a abril de 1982, nasceram 1.868 crianças, destas 37 estavam mortas, cinco apresentavam lesão nervosa central grave, três foram diagnosticadas com anencefalia, e duas tinham comprometimento do tubo neural (FILHO, 1987).

Na década de 1980 Hofmeister (1991) verificou por meio de um estudo de coorte não controlado, em crianças clinicamente saudáveis residentes em Cubatão, que os resultados dos testes espirométricos indicavam um decréscimo da função pulmonar. O resultado da pesquisa mostrou que para a concentração de poluentes existente durante o referido estudo, que a função respiratória poderia sofrer um decréscimo de cinco a oito por cento ao ano em função da exposição à poluição atmosférica caracterizada naquele período.

Em decorrência da poluição ambiental e suas conseqüências ao meio ambiente, foi sugerida a criação da vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica pela Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) assumiu a condição de órgão responsável pelo controle da qualidade ambiental. Em 1984 foi implantado um programa de controle para a redução ou eliminação dos poluentes (material particulado, fluoretos, amônia, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos e odores em geral) com o objetivo de atuar sobre as fontes emissoras, cujo prazo estipulado para o término das medidas emergenciais indicava julho de 1987 (FILHO, 1987).

Nos anos seguintes a CETESB, desenvolveu um trabalho de extrema importância para o controle da poluição atmosférica. Resumidamente entre 1975 e 1976 priorizou o levantamento de fontes de emissões industriais por meio de um programa denominado “Operação Branca”; no final da década de 70 enfatizou a emissão industrial de material particulado; e no início dos anos 80 instituiu um programa de redução de poluentes atmosféricos. O desenvolvimento destas bases técnicas culminou na Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) (CETESB, 2008).

No Brasil, em 1990, novos padrões nacionais de qualidade do ar foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e aprovados pelo CONAMA por meio da Resolução 03/90 que adotou os mesmos padrões da US EPA (United States Environmental Protection Agency) (FREITAS et al, 1996). Estas diretrizes fortaleceram a atenção sobre as emissões, havendo então a aderência ao plano de controle no país que constituiu o Programa Nacional de Controle do Ar (PRONAR) e assim o estabelecimento dos padrões primários e secundários de qualidade conforme a Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89 (CETESB, 2009).

Segundo Baird (2002) e a CETESB (2009), o padrão primário estabelece a concentração de poluentes que se for ultrapassada pode afetar a saúde, determinando os níveis máximos toleráveis. O nível de concentração que prevê o mínimo efeito sobre a saúde é determinado pelo padrão secundário, aceito como o nível desejado de poluentes na atmosfera.

Com os padrões estabelecidos, os índices possibilitaram o desenvolvimento da atividade de vigilância na área de saúde ambiental, embora ainda sejam necessárias algumas adequações. A monitorização envolve a mensuração das concentrações de poluentes na atmosfera e possibilita uma análise dos riscos e efeitos sobre a saúde da população, sendo compreendida como uma vigilância para ação. Contribui diretamente para a otimização da vigilância da qualidade do ar, fornece elementos para orientação de políticas nacionais e locais de proteção da saúde, verifica as tendências dos indicadores sanitários e avaliam as medidas preventivas propostas (FREITAS; PEREIRA; SALDIVA, 1996).

Com o padrão de qualidade do ar adotado, criou-se um programa contínuo de controle, que se vale do índice de qualidade do ar. Tem por finalidade divulgar a concentração de poluentes para que se possam tomar medidas preventivas de todas as

instâncias beneficiando a saúde da população. O índice adotado foi criado usando como modelo uma longa experiência desenvolvida no Canadá e EUA (CETESB, 2011).

O Quadro 1 mostra os valores dos padrões estabelecidos para cada poluente, conforme os padrões CONAMA, utilizados pela CETESB para o controle da qualidade do ar.

Quadro 1 - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário µg/m³	Padrão Secundário µg/m³
Partículas totais em suspensão	24 horas	240	150
	MGA ¹	80	60
Partículas inaláveis	24 horas	150	150
	MAA ²	50	50
Fumaça	24 horas	150	100
	MAA	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas	365	100
	MAA	80	40
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190
	MAA	100	100
Monóxido de carbono	1 hora	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
Ozônio	1 hora	160	160

¹ MGA = Média geométrica anual; ² MAA = Média aritmética anual

FONTE: CETESB, 2011

No Quadro 2 é apresentada a categorização da qualidade do ar com as concentrações específicas para os principais poluentes monitorados.

Quadro 2 - Índice de qualidade do ar

Qualidade	Índice	MP ₁₀	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(ppm)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100	50 - 150	80 - 160	4,5 - 9	100 - 320	80 - 365
Inadequada	101 - 199	150 - 250	160 - 200	set/15	320 - 1130	365 - 800
Má	200 - 299	250 - 420	200 - 800	15 - 30	1130 - 2260	800 - 1600
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600

FONTE: CETESB, 2011

A classificação “Boa” indica que não existem riscos a saúde. No caso de “Regular” somente as pessoas mais sensíveis estão susceptíveis. Para a condição “Inadequada” toda a população pode apresentar sintomas, enquanto que aqueles mais sensíveis podem ter agravamento do estado de saúde. Se a qualidade for “Má” a população pode apresentar agravamento dos sintomas respiratórios e neste caso a população mais sensível doenças respiratórias e cardiovasculares, bem como piora exacerbada dos sintomas respiratórios. Na condição “Péssima” todos podem apresentar doenças do aparelho respiratório e cardiovascular e a ocorrência de mortes, principalmente em indivíduos mais sensíveis (CETESB, 2011).

De acordo com estudos de Saldiva e colaboradores (1994,1995), não existem níveis seguros de concentração de poluentes para a saúde humana, questionando-se assim a segurança dos padrões de qualidade do ar estabelecidos e ainda aplicados no Brasil.

Para Castro e colaboradores (2003) os estudos de série temporal realizados em nosso país, evidenciam a necessidade da redução dos limites de exposição e mostram impactos a saúde com níveis de poluição abaixo dos limites estipulados pelo CONAMA.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda níveis máximos mais baixos para a proteção da saúde da população exposta. O Quadro 3 mostra as concentrações máximas recomendadas (WHO, 2000; WHO 2006).

Quadro 3 – Níveis máximos para poluentes clássicos, recomendados pela Organização Mundial de Saúde, para proteção à saúde, exceto câncer e odor.

Indicador	Concentração máxima recomendada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de exposição
Dióxido de enxofre	500	10 minutos
	125	24 horas
	50	anual
Dióxido de nitrogênio	200	1 hora
	40	anual
Monóxido de Carbono	100.000	15 minutos
	60.000	30 minutos
	30.000	1 hora
	10.000	8 horas
Ozônio	100	8 horas
Material Particulado Inalável (MP10)	50	24 horas
	20	anual
Material Particulado Respirável (PM2.5)	25	24 horas
	10	anual

FONTE: WHO (2000, 2006)

Inúmeras evidências indicam que o impacto da poluição sobre a saúde humana pode ser detectada de várias formas. O ar respirado em nosso meio é suficiente para causar prejuízos à saúde, e de forma abrangente torna-se possível identificar grupos populacionais especiais, patologias específicas e níveis ambientais nos quais o processo de exposição leva ao adoecimento, ao agravamento das doenças e ou a morte (SCANLAN; WILKINS; STOLLER; 2000; NASCIMENTO, 2006).

As consequências da exposição à poluição do ar e sua associação entre mortalidade e admissões hospitalares por disfunções do aparelho respiratório começou a ser mais investigada no início da década de 1990 (SCHWARTZ; DOCKERY, 1992).

O impacto e as consequências para a saúde, geralmente são a somatória das diversas exposições a agentes variados, em momentos diferenciados, nem sempre

fáceis de serem expostos nos estudos epidemiológicos. Os indicadores de efeito da poluição atmosférica relacionam-se diretamente com a saúde da população e dos indivíduos. Estão vinculados à morbi-mortalidade e ao bem estar de uma população (CASTRO, GOUVEIA, ESCAMILHA-CEJUDO, 2003).

Muitos estudos analisam a relação entre poluição atmosférica, doenças respiratórias e os mecanismos fisiopatológicos envolvidos. Os primeiros estudos datam da metade do século passado, porém, mesmo com os grandes avanços obtidos nas últimas décadas, a adoção de políticas públicas direcionadas as questões ambientais e a qualidade de vida das pessoas, os atuais níveis de poluição experimentados pela maior porcentagem da população humana continuam a se mostrar danosos à saúde (BAIRD, 2002).

Outros aspectos além da concentração de poluentes na atmosfera também devem ser considerados, pois afetam a qualidade do ar. Dentre eles destacam-se os fatores meteorológicos, aspectos demográficos, índices de desenvolvimento humano, urbanização, padrões de industrialização e pobreza (WHO, 2000).

Estes aspectos somados a hereditariedade, doenças pré-existentes, exposição a poluentes atmosféricos, tabagismo, ocupação, dentre outros, podem estar vinculados a gênese de disfunções respiratórias. Na sequência será realizada uma abordagem com ênfase na problemática que envolve a relação poluição do ar e doenças respiratórias.

1.2 Poluição atmosférica e doenças respiratórias

Segundo a OMS, as doenças respiratórias agudas e crônicas possuem uma associação às exposições ambientais da ordem de 50% a 60%, ou seja, para cada dez casos de doenças respiratórias, seis podem estar associados à contaminação ambiental. Estima-se que 3 milhões de pessoas morrem anualmente em decorrência dos efeitos da poluição atmosférica (WHO, 2005).

Para Cacciola, Sarva e Polossa (2002), cerca de 600 milhões de habitantes de áreas urbanas no mundo são expostos diariamente a níveis perigosos de poluentes. A atmosfera urbana recebe emissões industriais e principalmente veiculares consistindo em misturas complexas contendo muitos tipos de poluentes, distribuídos entre a fase gasosa e particulada (CETESB, 2005).

A problemática da poluição atmosférica tem sido trabalhada como um problema de saúde pública por meio de diversos enfoques quanto a sua ação sobre a saúde. Estudos toxicológicos apontam que os efeitos da poluição do ar se manifestam em geral de forma crônica prejudicando a qualidade de vida das populações afetadas. Os efeitos sobre a saúde humana podem variar de apenas sintomas mais leves até agravos maiores da saúde, levando a internações ou a morte (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002).

As crianças e os idosos são os dois grupos etários que têm se mostrado mais susceptíveis aos efeitos agudos e crônicos da poluição atmosférica. Várias pesquisas demonstraram uma associação positiva entre mortalidade e morbidade por problemas respiratórios em ambos os grupos (SALDIVA, PEREIRA, BRAGA, 2002; GOUVEIA, FLETCHER, 2000; RIBEIRO, CARDOSO, 2003).

As pesquisas realizadas até o presente momento confirmaram que a poluição do ar contribui para o aumento de morbidade e mortalidade independentemente da faixa etária (ROSEIRO, 2001). Os efeitos podem estar relacionados a pequenas exposições ou à exposições a longo prazo (ZHANG et al., 1999).

Os indivíduos expostos comumente apresentam sintomas e ou afecções do sistema respiratório superior, como tosse, alergias, rinite, congestão nasal, irritação dos olhos e garganta, conjuntivite entre outros. Também podem desenvolver com relação ao aparelho respiratório inferior, disfunções como dispnéia, asma, bronquite e outras alterações. A disfunção, sua gravidade e a sintomatologia clínica estão associadas e irão depender do tempo de exposição, da intensidade, da concentração e da proximidade com área de emissão do poluente (RIBEIRO, ASSUNÇÃO, 2002).

As doenças do aparelho respiratório e o decréscimo da função pulmonar estão associados à poluição atmosférica pela emissão de material particulado, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio (SALDIVA et al, 1995; BRAGA ZANOBETTI, SCHWARTZ, 2001; CORREIA, 2001).

O aparelho respiratório quando exposto a poluentes atmosféricos reage com uma resposta inflamatória induzida pela ação de substâncias oxidantes, que provocam um aumento da acidez, da viscosidade e da consistência do muco produzido pelas vias aéreas, ocasionando uma diminuição da resposta da função ciliar (FREITAS et al., 2003).

Estudos experimentais em animais demonstraram que os níveis urbanos de

poluição atmosférica comprometem os sistemas respiratórios e imunológicos de ratos. Em humanos acredita-se que o mecanismo fisiopatológico seja semelhante. O mais provável é que haja um prejuízo causado pela poluição atmosférica aos mecanismos de defesa do trato respiratório, em especial no aparelho mucociliar (GOUVEIA, CORREIA, JUNGER, 2006).

Segundo Mello Junior e colaboradores (2002), a exposição das vias aéreas superiores pode levar a atrofia do epitélio nasal, fator desencadeante da rinossinusite. Em laboratório estas modificações foram observadas em ratos. A exposição de ratos na cidade de Cubatão durante seis meses, também produziu uma atrofia da mucosa nasal caracterizada pela diminuição de síntese protéica. Correlacionando estes eventos experimentais com efeitos constatados em humanos expostos a poluentes observa-se, com frequência, sintomas como coriza, espirros, cefaléia e a presença de rinite e sinusite (ROSEIRO, 2001).

Estudos realizados no Brasil, na cidade de São Paulo, evidenciaram que os níveis de poluição são danosos à saúde da população. Saldiva e colaboradores (1995) e Gouveia e Fletcher (2000) analisaram e constataram associações entre níveis diários de poluentes atmosféricos e mortes em idosos. Braga (2001) e Gouveia e Fletcher (2000) constataram internações por doenças respiratórias na infância, enquanto Lin e colaboradores (2003) e Gouveia e colaboradores (2003) apontaram internações e mortes por doenças cardiovasculares.

Nos EUA, o *National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies* (NMMAPS) utilizou dados das vinte maiores regiões metropolitanas, com um total de 50 milhões de habitantes, entre 1987 e 1994. Em um estudo sobre admissões hospitalares em dez cidades, para todas as idades, foi encontrado um aumento de 1,5% nas internações por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) para aumentos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do material particulado inalável (MP_{10}) (ZANOBBETTI, SCHWARTZ, DOCHERY, 2000).

Conforme Braga, Zanobetti e Schwartz (2001), para a mesma variação de MP_{10} do estudo norte americano, em São Paulo, observou-se aumento 2,7% de mortes por pneumonia e 1,7% por DPOC.

Na Europa, o projeto APHEA (*Air Pollution and Health: a European Approach*) utilizou dados coletados em 29 cidades européias, constatando que houve um aumento de 1% de internações hospitalares por asma e doença pulmonar obstrutiva

crônica entre indivíduos com mais de 65 anos para um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP_{10} (ATKINSON et al., 2001).

De acordo com estudos realizados por Cançado et al (2006), um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ no nível de MP_{10} associa-se ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos. Esses resultados demonstraram que essas associações entre aumento no nível de poluentes na atmosfera e o aumento de hospitalizações, indicam que os níveis atuais de contaminação do ar no Município de São Paulo têm impacto na saúde de sua população. Ao analisarem um ano de mortes por todas as causas, com exceção das externas, constataram que as mortes associadas com os níveis médios anuais de MP_{10} estatisticamente aumentaram 13%.

Gouveia e Flether (2000) ao considerarem os níveis de concentração de poluentes relativos ao ano de 2002 constataram em seus estudos que para um período de três anos a perspectiva seria de um incremento 3% a 4% na mortalidade associada ao aumento dos níveis de MP_{10} .

Com relação aos efeitos de morbidade, foi observado aumento dos sintomas respiratórios em crianças, diminuição da função pulmonar, aumento dos episódios de doenças respiratórias e conseqüentemente aumento das internações hospitalares em decorrência dos efeitos da poluição na saúde da população (GOUVEIA et al., 2003).

1.3 Poluentes Atmosféricos e efeitos gerais sobre saúde

O poluente atmosférico pode ser definido conforme o CONAMA (1990), como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que torne ou possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990).

Os poluentes clássicos mais associados a problemas respiratórios segundo Baird (2002) são o dióxido de enxofre (SO_2), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de nitrogênio (NO_x), o ozônio (O_3), o material particulado inalável com diâmetro aerodinâmico $\leq$ que $10 \mu\text{m}$ (MP_{10}) e o material particulado respirável com diâmetro

aerodinâmico $\leq$ que 10 μm ($\text{PM}_{2,5}$). Como estes componentes da contaminação atmosférica atingem o organismo predominantemente por via inalatória, se pode estabelecer um fator determinante nas associações significantes entre níveis diários destes poluentes a uma série de efeitos na saúde (WHO, 2000; SALDIVA et al., 1992). Na sequência será realizada uma breve explanação sobre os poluentes acima citados, sendo que o material particulado e o O_3 serão mais bem abordados adiante.

1.3.1 Dióxido de enxofre (SO_2)

O SO_2 é decorrente de emissões industriais em sua maior parte e da queima de gasolina e diesel em veículos (CETESB, 2008). Frequentemente está associado a mortes totais e internações por doenças cardiovasculares. Quando inalado é absorvido pelas regiões mais distais da árvore traqueobrônquica (FREITAS et al., 2003).

Em decorrência de sua solubilidade (baixa), ele se dissolve de forma lenta na secreção úmida encontrada no trato respiratório e ao chegar nas vias inferiores provoca espasmos dos bronquíolos, conforme o seu nível de concentração nos pulmões. Se houver grandes concentrações pode causar danos nos tecidos pulmonares lesionando o aparelho mucociliar e consequentemente produzindo disfunções respiratórias, podendo também levar um indivíduo a morte (CANÇADO, 2006).

Está associado à presença de tosse e sintomas respiratórios tanto em vias aéreas superiores quanto em vias aéreas inferiores (CETESB, 2005).

1.3.2 Dióxido de nitrogênio (NO_2)

O NO_2 produz irritabilidade das mucosas. Está correlacionado com doenças respiratórias em função de sua concentração, sendo responsável por disfunções leves e graves (BOHM, 1996).

As alterações fisiopatológicas podem ser evidenciadas com a presença de breve desconforto pulmonar e evoluírem para bronquites crônicas, enfisema pulmonar, traqueítes e broncopneumonias. Sua fonte está vinculada a processos de combustão como os industriais, incinerações e veículos automotores (CETESB, 2011; BAIRD, 2002).

1.3.3 Monóxido de carbono (CO)

O CO tem como sua principal fonte o trânsito urbano (CETESB, 2011). Estudos demonstraram que pessoas saudáveis e não fumantes residentes em áreas com altos índices de CO apresentam aumento de até 100% nos níveis de carboxihemoglobina quando comparadas com pessoas saudáveis e não fumantes que não estão expostas a altos índices de CO. Geralmente é associado a intoxicações, produzindo principalmente efeitos sobre o coração (BOHM, 1996; CETESB, 2005; FEAM, 2001).

A exposição a este poluente pode causar dor de cabeça, fadiga, sintomas iguais ao da gripe, efeitos cardíacos diversos, mudanças da percepção visual e auditiva, alteração da função psicomotora, destreza, orientação temporal, problemas respiratórios, e diminuição da função pulmonar (CETESB, 2005; PEREIRA et al., 1998).

1.3.4 Ozônio (O₃)

O O₃ resulta de reações fotoquímicas de poluentes com a radiação solar, quando próximo à superfície da Terra. Este poluente possui uma grande ação oxidante, interferindo nas reações intra e extracelulares com envolvimento de enzimas importantes para o metabolismo. Pode causar inflamação e diminuição da função pulmonar uma vez que afeta as porções mais profundas dos pulmões (CETESB, 2011; BAIRD, 2002).

Segundo as mesmas fontes, o O₃ é capaz de provocar lesões nas células afetando as porções mais distais das vias aéreas e causando respostas de irritabilidade pulmonar como tosse, dor retroesternal à inspiração e decréscimo da capacidade ventilatória forçada.

As doenças e sintomas induzidos pelo O₃ geralmente são as irritações das vias aéreas superiores, tosse, náusea, dor de cabeça, coriza, mal estar, conjuntivites, rinites, rinosinusites. A função pulmonar geralmente pode estar debilitada, juntamente com a redução da capacidade de difusão (BAIRD, 2002; CAVALCANTI; BRUIN, 2009). Longas exposições ao O₃ causa envelhecimento precoce e reduz a capacidade de resistência às infecções respiratórias (CETESB, 2005).

1.3.5 Material Particulado

O material particulado tem como origem, principalmente a queima de combustíveis fósseis. Os efeitos deste poluente variam em função da sua natureza química e de seus diâmetros (BAIRD, 2002).

Ao ser inalado suas partículas se distribuem pelo aparelho respiratório em conformidade com o seu tamanho. As partículas menores podem atingir os alvéolos e desencadear sintomas e crises de doenças respiratórias em crianças, aumento e piora de quadro de asma (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002). Também está associado ao baixo peso ao nascer e à mortalidade infantil (SALGADO, 2003; CANÇADO et.al, 2006).

A associação deste poluente está vinculada a bronquite, tosse seca, asma, câncer pulmonar, pneumonia, doenças respiratórias e cardiovasculares, exacerbação de DPOC, diminuição da função respiratória, aumento de hospitalizações, de óbitos, dentre outros (CETESB, 2005; WHO, 2000; BAIRD, 2002).

1.3.6 A fumaça do cigarro e outros poluentes no ambiente

A fumaça produzida durante o ato de fumar resulta da combustão incompleta da matéria orgânica contida nos derivados do tabaco, e produz a liberação de aproximadamente cinco mil elementos químicos diferentes. O alcatrão (material particulado); a nicotina (responsável pela dependência, pela diminuição da capacidade respiratória, pelo infarto, enfisema e câncer); e outras substâncias como hidrocarbonetos, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, formaldeído, Polônio 210, Carbono 14, o Cadmio, o Cromo, são as principais substâncias presentes, dentre muitas outras (PALOMBINI et al, 2001; BAIRD, 2002).

O tabaco produz comprometimentos ao organismo em razão do incremento da produção de CO, que pode diminuir a taxa de oxigênio (O₂), e níveis baixos de O₂ no organismo são detectados pelo sistema cardíaco podendo produzir alterações do trabalho cardíaco. Os níveis baixos de O₂ são decorrentes da combinação do CO com a hemoglobina no plasma sanguíneo formando a carboxi-hemoglobina, que interfere na disponibilidade de oxigênio para o organismo (BOEIRA; GUIVANT, 2003).

O fumo é considerado um dos principais agentes poluente do ar. É responsável por inúmeras lesões das vias respiratórias e por vários danos à saúde e

comprovadamente pelo aumento dos casos de neoplasias das vias respiratórias, bexiga, rim, pâncreas, esôfago, estômago, entre outros (PALOMBINI et al, 2001).

O ato de fumar é altamente prejudicial ao sistema respiratório, bem como a outros sistemas, havendo em consequência um grande número de disfunções originadas pelo consumo do tabaco. A exposição à fumaça do tabaco também constitui sério impacto sobre a saúde pública, produzindo diminuição da função respiratória, disfunções neoplásicas, DPOC, entre outras, aumentando o risco de uma série de outros agravos respiratórios (WHO, 2000).

Estudos evidenciaram que a função respiratória pode ser comprometida pelo tabagismo. De acordo com Faria e colaboradores (2006), os sintomas respiratórios em fumantes estão mais presentes em relação àqueles que não possuem o hábito de fumar quando ambos os grupos são expostos a poluição atmosférica, neste caso o material particulado. Além dos poluentes já mencionados, outras substâncias emitidas no ar atmosférico também podem ser nocivas à saúde.

Os hidrocarbonetos têm sido associados ao câncer do pulmão. São compostos de carbono e hidrogênio e podem ser provenientes da queima incompleta de material orgânico e estão presentes nas partículas finas. Os aldeídos e ácidos orgânicos irritam as mucosas e podem estimular a gênese do câncer. O formaldeído e a acroleína são derivados dos aldeídos e no organismo podem diminuir a atividade dos macrófagos pulmonares e causar irritabilidade nos olhos, nariz, garganta e vias respiratórias (BAIRD, 2002; WHO, 2006).

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) podem produzir sibilos respiratórios, tosse e irritação nos olhos. Algumas substâncias podem ser carcinogênicas. As dioxinas e furanos são altamente tóxicas e pode ocasionar lesões dérmicas, hepáticas, perda de peso e fraqueza geral (BAIRD, 2002). Estes poluentes têm sido detectados em todas as matrizes ambientais e sua fonte de emissão está associada primariamente a processos de combustão (ASSUNÇÃO; PESQUEIRO, CARVALHO, 1999).

1.4 Mecanismos biológicos das alterações pulmonares causadas pelo material particulado e pelo ozônio.

Na sequência, uma abordagem específica do mecanismo de ação do PM₁₀ e do O₃ sobre o sistema biológico será efetuada, em razão destes poluentes terem sido

objeto de estudo desta pesquisa que utilizou como referência os últimos dez anos de concentração dos mesmos para verificar os efeitos sobre o sistema respiratório.

1.4.1 Material particulado e mecanismo biológico das alterações pulmonares

Definem-se como "partículas em suspensão" todas as partículas sólidas ou líquidas contidas no ar, de dimensão suficientemente reduzida para não se depositar muito rapidamente por gravidade na superfície terrestre. Incluem poeiras, fumos, nevoeiro, aspersão e cerração (BAIRD, 2002).

As partículas podem ser primárias, quando a emissão ocorre diretamente na atmosfera, ou secundárias, quando são criadas por transformações físico-químicas de compostos primários e de constituintes naturais da troposfera associados ou não entre si (BROOK et al., 2004).

O material particulado pode estar presente no ambiente externo, nas formas primária ou secundária, ou pode também ser encontrado juntamente com outros poluentes no ambiente interno (BAIRD, 2002).

O ar interno é definido como aquele de áreas não industriais, como habitações, escritórios, escolas e hospitais. Nele há também a presença de partículas e outros poluentes originados no próprio ambiente fechado em razão da ventilação inadequada e de outros fatores que podem contribuir para a concentração de poluentes. Uma parte da poluição interna é oriunda do ambiente externo (GIODA, AQUINO NETO, 2003).

Cinquenta por cento das partículas existentes nas casas provêm do ambiente externo, sendo o restante proveniente do fumo e do fogão a gás (ar interno) (BRAGA PEREIRA, SALDIVA, 2002).

A atividade profissional também é um fator de exposição a particulados, ozônio, formaldeídos, dióxido de enxofre, e outros poluentes. O ambiente ocupacional é relativo ao local de trabalho, seja ele interno ou externo, existindo a possibilidade de exposição do indivíduo em decorrência da atividade industrial. Esta exposição dependerá diretamente do exercício profissional específico e do ambiente de trabalho (BAGATIN; KITAMURA, 2005).

As partículas são classificadas em material particulado total em suspensão (PTS), material particulado inalável MP_{10} e respirável $MP_{2,5}$. O PTS é constituído de

partículas com tamanho aerodinâmico acima de 10 micrômetros e costumam ficar depositadas próximas à sua fonte de emissão, normalmente indústrias. O MP_{10} é constituído por partículas com tamanho aerodinâmico abaixo 10 e 2,5 micrômetros. Por último o $MP_{2,5}$ é constituído por partículas com tamanho aerodinâmico menor que 2,5 micrômetros, são partículas menores, possuem velocidade de sedimentação desprezível e podem, portanto serem inaladas, sendo assim mais relevantes na etiologia de problemas respiratórios. Dentre estas últimas, as menores, com diâmetro variando entre 0,1 micrômetro e 2,3 micrômetro, são as mais importantes, pois podem penetrar profundamente nos pulmões, com o risco de lá se acumularem (BAIRD, 2002).

O material particulado é em geral uma mistura heterogênea de partículas sólidas e líquidas que variam de tamanho, composição e origem no tempo e no espaço (POPE, 2000). A composição das partículas em suspensão é complexa e altamente variável, dependendo da natureza das fontes de emissão. Quanto ao seu tamanho podem ser depositadas no aparelho respiratório com a seguinte distribuição: partículas de 5 a 30 μm depositam-se no nariz, na boca, na faringe e na traquéia; as de 1 a 5 μm depositam-se na traquéia, nos brônquios e nos bronquíolos e os particulados menores que 1 μm depositam-se por difusão nos pequenos bronquíolos e alvéolos (WHO, 2000; RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002; ALMEIDA FILHO, 2006).

Este poluente pode atingir as vias aéreas inferiores, por ser uma partícula pequena e não pela sua composição química. Possui capacidade de transportar gases adsorvidos até as porções mais distais das vias, onde são efetuadas as trocas de gases nos pulmões. Quando em contato com o aparelho respiratório, ativa os mecanismos de defesa próprio do organismo, ou seja, o espirro, a tosse e o aparelho mucociliar (BRAGA, PEREIRA, SALDIVA, 2002).

O mecanismo biológico específico plausível para explicar as associações observadas entre as exposições ambientais por material particulado e os efeitos à saúde ainda está sendo mais bem estudado. Não foi determinada por enquanto, exatamente a sequência de eventos que ocorrem após a deposição de partículas nas vias respiratórias. Os eventos estudados estão relacionados à indução da inflamação sistêmica e outras respostas vasculares, e às alterações do controle neural da função cardíaca (SALGADO, 2003).

A Figura 1 mostra as principais alterações que ocorrem no pulmão após as

partículas se depositarem no aparelho respiratório, evidenciando o mecanismo fisiopatológico das disfunções respiratórias ocasionadas pelo material particulado.

FIGURA 1 - Mecanismo fisiopatológico da ação das partículas no pulmão

AUTOR: Elaborado pelo próprio autor

FONTE: USEPA,2002; DONALDSON et al, 1997; DI OCIAUTI,2001; GILMOR et al,2001; RENWICK, DONALSON, CLOUTETZ,2001; BINOCK,2010; WHO; 2005; HEI,2002.

As alterações decorrentes do material particulado estão vinculadas diretamente ao tipo do material, sua composição química, concentração e tempo de exposição (SALGADO, 2003).

Estudos controlados de exposições humanas indicam que diferentes tipos de partículas podem induzir uma resposta inflamatória na via respiratória, no local em que as partículas primeiro se depositam (GHIO, KIM, DEVLIN, 2000).

A Figura 2 ilustra as frações de partículas respiráveis, torácicas e inaláveis. As partículas menores que 10 μm de diâmetro aerodinâmico são referidas como respiráveis.

FIGURA 2 – Curvas típicas da definição de frações de partículas respiráveis, torácicas e inaláveis.

FONTE – The U.K. Department of the Environment, 1993 (Apud SALGADO, 2003)

Conforme Saieg (2009), as partículas com diferentes composições elementares podem ter distribuição diferente ao longo do aparelho respiratório. Depositadas ao longo da árvore traqueobrônquica sua distribuição evidencia dois grupos, com deposição predominante peribronquiolar ou com deposição predominante linfonodal. A exposição por períodos prolongados pode estar associada à mortalidade prematura devido às causas cardiorrespiratórias e ao câncer do pulmão. O tamanho e composição destas partículas estão relacionados à maior toxicidade, agravada pela retenção prolongada destas partículas no pulmão. Pereira (2005) constatou em estudo experimental com camundongos, que partículas e gases poluentes podem promover neoplasias pulmonares.

Foi observada a ocorrência do aumento do número de leucócitos, como também dos níveis de citocinas e quemocinas, associadas à resposta inflamatória. Respostas à inflamação alérgica incluem aumento da produção de imunoglobulina E

(IgE), inflamação bronquial eosinófila, hipersuscetibilidade das vias respiratórias e aumento de NO no ar exalado (USEPA, 2002).

Experimentos com animais e *in vitro* evidenciaram que metais e componentes orgânicos do material particulado podem induzir citocinas inflamatórias e formação de cinocinas, como resultado final de estresse oxidativo, via celular. Estas mediações bioquímicas dão a gênese ao que é conhecido como espécies de oxigênio reativo, incluindo radicais livres, peróxido de hidrogênio e superóxido (DONALDSON et al., 1997; DIOICIAUTI, 2001).

Estudos demonstraram que a exposição de macrófagos às partículas finas e ultrafinas produz uma diminuição da capacidade fagocitária. Assim, a indução da resposta inflamatória por material particulado na via respiratória pode provocar danos não somente na camada de células epiteliais da superfície dos tecidos, mas também em outras células, como nos macrófagos (RENEWICK, DONALSON, CLOUTER, 2001).

Estudo experimental em ratos saudáveis expostos por oito dias a material particulado fino em condições subcrônicas na cidade de São Paulo evidenciou inflamação pulmonar tênue, sendo observada diminuição do número de macrófagos e tendência ao aumento do número de neutrófilos (BINOCK, 2010).

Segundo Barnes (2001), as células nervosas das vias respiratórias podem contribuir para a inflamação, sintetizando neurotransmissores. Neste tipo de inflamação, denominada de inflamação neurogênica, as citocinas inflamatórias sintetizadas pelos leucócitos podem afetar as células nervosas, e estes neurotransmissores podem acometer muitos tipos de leucócitos nos pulmões, bem como células epiteliais e da musculatura lisa.

Para Gilmour e colaboradores (2001), uma das possíveis conseqüências dos danos causados pelos materiais particulados nas vias respiratórias é a diminuição da função respiratória, em pessoas que tenham sofrido danos nas vias respiratórias devido à asma ou à bronquite. Outra possibilidade é que o indivíduo pode-se tornar mais suscetível às infecções respiratórias, uma vez exposto a vírus e bactérias.

O próprio material particulado, principalmente as menores partículas podem conter contaminantes biológicos que por sua vez podem estar associados não apenas a fatores meteorológicos, mas também a elementos químicos presentes nas partículas, especialmente os oriundos do tráfego de veículos. Experimentos mostraram que diferentes concentrações de fungos associados ao PM_{2,5} em ratos não sensibilizados

podem levar a mecanismos diferentes de resposta inflamatória aguda (COELHO, 2009).

Estudos de exposição crônica em baixa concentração ao material particulado em ratos indicaram a ocorrência de vasoconstrição arteriolar e coronariana, fato este que pode ser similar em humanos (MATSUMOTO et al., 2010).

A figura abaixo exemplifica a sequência de eventos que provavelmente podem ocorrer na presença de PM10 nas vias respiratórias e os efeitos gerais sobre o sistema cardiovascular.

FIGURA 3 – Como o material particulado pode afetar as vias respiratórias e o sistema cardiovascular (HRV = variabilidade da taxa cardíaca; ECG = eletrocardiograma)

FONTE: SALVADOR, 2003

1.4.2 Ozônio e mecanismo biológico das alterações pulmonares

Segundo a WHO (2005) e HEI (2002), o mecanismo irritativo das vias respiratórias em razão ação do O₃ é similar com a do material particulado. No entanto estas modificações não se comportam de acordo com a composição química e estrutura da partícula, independentemente desta condição, por sua composição química ele oxida os tecidos e produz os mecanismos de lesão inflamatória promovendo disfunções no aparelho respiratório.

Em longo prazo estas alterações podem produzir uma redução crônica e progressiva do fluxo aéreo, como efeito secundário a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou gases tóxicos. Essa inflamação produz alterações de intensidade variável nos brônquios podendo desencadear uma doença obstrutiva crônica (DPOC). Podem afetar os brônquios (bronquite crônica), os bronquíolos (bronquiolite obstrutiva) e ou parênquima pulmonar (enfisema) (SBPT, 2004; CETESB, 2005).

O aparelho respiratório é um alvo importante de danos causados por oxidantes. A exposição a oxidantes derivados de poluentes atmosféricos (oxidante exógeno) como o O₃, o NO_x, o SO₂ e a fumaça do cigarro é capaz de gerar inflamação das estruturas pulmonares e redução do fluxo aéreo. Tal fato se deve ao contato direto da árvore traqueobrônquica com o meio externo por meio do ato inspiratório que capta o ar exposto a elevadas concentrações de oxigênio (PARK, KIM, LEE, 2009).

Segundo Cavallante e Bruin (2009), as manifestações clínicas e funcionais resultam de danos pulmonares provocados por um conjunto de mecanismos, incluindo o estresse oxidativo, a inflamação, o desequilíbrio do sistema protease-antiprotease e a apoptose. Para os autores, o estresse oxidativo é central na gênese fisiopatológica, pois além de provocar dano direto às estruturas pulmonares, amplifica os demais mecanismos. Estes eventos celulares e moleculares responsáveis pelo dano pulmonar antecedem em muito a expressão clínica e funcional da disfunção respiratória, até que possam evoluir para uma DPOC.

A redução do fluxo aéreo tem um importante componente irreversível, secundário a alterações estruturais das vias aéreas, tais como a fibrose peribronquiolar e o aumento da colapsabilidade decorrente da destruição das fibras elásticas do tecido

pulmonar. Essas alterações são provocadas por um complexo mecanismo iniciado bem antes das primeiras manifestações clínicas e funcionais (MACNEE, 2005).

No organismo, ou seja, no pulmão, as principais fontes endógenas de oxidantes são os macrófagos alveolares, as células epiteliais, as células endoteliais e as células inflamatórias recrutadas, tais como neutrófilos, eosinófilos, monócitos e linfócitos. No entanto estas células também podem ser ativadas quando fontes de origem exógena penetram no trato respiratório (RAJENDRASOZHAN et al., 2008).

Os principais sítios e processos celulares geradores de oxidantes são a mitocôndria, os microsossomos e os sistemas enzimáticos xantina/ xantina oxidase e, em maior escala, NADPH oxidase (PARK, KIM, LEE, 2009; FINKEL, HOLBROOK, 2000)

A ativação dessas células resulta na formação de radicais superóxido (O_2^-), que é rapidamente convertido a peróxido de hidrogênio (H_2O_2) pela enzima superóxido dismutase (SOD). Através de uma reação secundária não enzimática, (H_2O_2), na presença de ferro, forma hidroxila (OH^-) (PARK, KIM, LEE, 2009).

As espécies reativas produzidas pelos fagócitos são a principal causa de dano tissular associado a doenças pulmonares inflamatórias crônicas (RAJENDRASOZHAN et al., 2008).

Segundo Andrade Junior e colaboradores (2005), as espécies de oxigênios reativos (ROS) são encontradas em todos os sistemas biológicos e têm origem no metabolismo do oxigênio molecular. Em condições fisiológicas, o O_2 sofre redução com aceitação de quatro elétrons, resultando na formação de água. Durante esse processo, são formados intermediários reativos, tais como, os radicais superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidroxila (OH^-).

As espécies reativas de nitrogênio (RNS), em sua maioria, são formadas a partir da síntese do óxido nítrico (NO) através da conversão da L-arginina e a L-citrulina pelas sintases do óxido nítrico (MACK, 2008; ANDRADE JUNIOR et al., 2005).

A produção de espécies reativas é parte integrante do metabolismo e está presente em condições normais, notadamente nos processos fisiológicos envolvidos na produção de energia, regulação do crescimento celular, fagocitose, sinalização intracelular e síntese de substâncias importantes, tais como hormônios e enzimas. Para contrabalançar essa produção e seus potenciais efeitos negativos, o organismo dispõe

de um sistema antioxidante. Nas situações em que surge um desequilíbrio entre os sistemas pró-oxidante e antioxidante, com predomínio dos oxidantes, ocorre o estresse oxidativo (RAJENDRASOZHAN et al., 2008).

Neste caso, estresse oxidativo, por meio da oxidação de estruturas do sistema respiratório desencadeia um processo inflamatório responsável inicialmente por sintomas e desconforto e posteriormente fisiopatologias pulmonares (BAIRD, 2002; CETESB, 2011).

A Figura 4 mostra as principais alterações que compõem o mecanismo fisiopatológico provocado pelo ozônio até a gênese do estresse oxidativo.

FIGURA 4 - Mecanismo fisiopatológico desencadeado pela ação do ozônio no pulmão

AUTOR: Elaborado pelo próprio autor

FONTE: CAVALCANTE, BRUIN; 2009; MACNEE, 2005; RAJENDRASOZHAN et al, 2008; PARK, KIM, LEE, 2009; ANDRADE et al, 2005; MACK, 2008.

1.5 Função pulmonar e espirometria

A poluição tem sido associada a decréscimo da função pulmonar, aumento do uso de medicamentos por crianças e ou adultos com asma, alterações no sistema imunológico de pessoas normais, com redução do "clearance" muco-ciliar e decréscimo nas taxas de *peak flow* (MARTINS, 2002).

A espirometria é um teste importante para a avaliação da função pulmonar. O exame consiste na medida dos volumes pulmonares e dos fluxos gerados durante ciclos respiratórios basais ou forçados. Permite quantificar a severidade da perda funcional pulmonar e determinar a incapacidade pulmonar (DOUGLAS, 2002; SCANLAN, WILKINS, STOLLER, 2000).

A espirometria (do latim spirare = respirar + metrum = medida) é a medida do ar que entra e sai dos pulmões. Pode ser realizada durante respiração lenta ou durante manobras expiratórias forçadas, auxiliando na prevenção e permitindo o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios. Pode-se realizá-la tanto com espirômetros tradicionais de campânula, quanto com aparelhos computadorizados (PEREIRA, 2002).

Os valores obtidos neste teste devem ser comparados a valores previstos para a população avaliada com objetivo de estabelecer alterações do padrão ventilatório (PEREIRA et. al, 1998).

Os testes de função pulmonar são instrumentos propedêuticos auxiliares no diagnóstico de condições que comprometem o desempenho funcional das vias aéreas, do parênquima pulmonar e da caixa torácica (NERY, FERNADES, PERFEITO, 2006)

É um teste que, além de auxiliar na prevenção e no diagnóstico, faz mensuração quantitativa dos distúrbios ventilatórios. Ela deve ser parte integrante da avaliação de indivíduos e pacientes com sintomas respiratórios ou doença respiratória conhecida (BRAGA,PEREIRA,SALDIVA,2002; SCANLAN, WILKINS, STOLLER, 2000).

Para Scanlan, Wilkins, Stoller (2000), as provas básicas da função pulmonar mensuram vários volumes e capacidades pulmonares, as taxas do fluxo dos gases através das vias aéreas e a capacidade dos pulmões em difundirem os gases permitindo a identificação da presença e do grau de comprometimento pulmonar, porém, existem equipamentos adequados para o que se pretende avaliar.

O pulmão tem como função, promover a troca gasosa entre o ar inspirado e o sangue da circulação pulmonar, fornecendo oxigênio (O₂) e removendo o dióxido de carbono (CO₂), de forma passiva, por diferenças de concentração (difusão). Participa da regulação da temperatura corporal, metaboliza alguns compostos, filtra materiais tóxicos da circulação, e atua como um reservatório de sangue (AIRES, 2008).

O ar que circula pelos pulmões, em relação a inspiração, a expiração e o ar de reserva respiratório é classificado e dividido em quatro volumes pulmonares e quatro capacidades respiratórias pulmonares. Uma capacidade pulmonar pode ser constituída por dois ou mais volumes pulmonares (DOUGLAS, 2002).

Figura 5- Capacidades e Volumes Respiratórios

FONTE: DOUGLAS, 2002

Os volumes pulmonares são o volume corrente (VC), o volume inspiratório de reserva (VIR), o volume expiratório de reserva (VER) e o volume residual (VR) (DOUGLAS, 2002; AIRES, 2008; CONSTANZO, 2004).

Segundo os mesmos autores as capacidades respiratórias são a capacidade pulmonar total (CPT), a capacidade inspiratória (CI), a capacidade residual funcional (CRF) e a capacidade vital (CV). A Figura 3 mostra os volumes pulmonares e capacidades respiratórias com os seus respectivos valores e exemplifica como são compostas as capacidades pulmonares.

Os volumes e as capacidades pulmonares que podem ser mensurados diretamente com um espirômetro são o VC, a CI, o VIR, o VER e a CV. Como o VR não pode ser expirado, o volume de reserva funcional (VRF) e a CPT devem ser rmensurados por meio de métodos indiretos (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000). Assim a CPT e o VR não podem ser medidos por espirometria (PEREIRA, 2002).

A CPT é a quantidade de ar nos pulmões após uma inspiração máxima. A quantidade de ar que permanece nos pulmões após a exalação máxima é o VR. O volume eliminado em manobra expiratória forçada desde a CPT até o VR, é a capacidade vital forçada (CVF). A CV pode também ser medida lentamente, durante expiração partindo da CPT ou durante a inspiração, a partir do VR (PEREIRA, 2002).

Conforme Pereira (2002), em um exame espirométrico a análise da manobra expiratória forçada é extremamente útil. Ela desencadeia um aumento pronunciado das pressões alveolares, que tendem a expulsar o ar, e também da pressão pleural, que, envolvendo as vias aéreas tendem a fechá-las. Os dois processos praticamente se cancelam em um determinado segmento das vias aéreas (ponto de igual pressão), assim, a pressão que sobra para eliminar o ar é a pressão de recuo dos pulmões. A consequência lógica é a obtenção, nessa circunstância, do fluxo máximo possível para um determinado volume pulmonar.

Na expiração forçada, a taxa de fluxo aéreo é constante em todo um dado volume pulmonar, o que torna os parâmetros espirométricos reproduzíveis e analisáveis. No caso da manobra expiratória lenta, não há compressão das vias aéreas e os fluxos são altamente variáveis. Em compensação, todo o ar previamente inspirado consegue ser exalado, fornecendo valores mais acurados de capacidade vital (NERY, FERNADES, PERFEITO, 2006).

Existem vários testes para se avaliar aspectos relacionados à função pulmonar atualmente. Para a avaliação dos volumes pulmonares, testes mais simples como a espirometria e o *Peak Flow Meter* podem ser aplicados, ou testes mais complexos e

caros como diluição de gases inertes, o *Wash-out* de nitrogênio também podem ser usados. A mensuração dos volumes pulmonares pode não ter significância direta com análise da função pulmonar, eles podem estar associados com disfunções respiratórias (BOAVENTURA et al, 2007).

Vários tipos de espirômetros são utilizados na mensuração dos volumes pulmonares segundo Scanlan; Wilkins; Stoller (2000), conforme Pereira (2002) os tipos de equipamentos para mensurar a função pulmonar comumente utilizados são a fluxo ou a volume. Porém, a escolha do aparelho adequado irá depender do objetivo do teste e das especificações técnicas dos equipamentos e de sua real aplicabilidade.

Os espirômetros modernos fornecem a curva fluxo-volume para a análise gráfica do fluxo gerado durante a manobra CVF, registrando volume e fluxo (SILVA, 2010).

Outra forma de avaliar a função respiratória é através da medida do pico de fluxo respiratório máximo (PEF), considerado um método simples, não invasivo e rápido que serve para avaliar a força e a velocidade de saída do ar de dentro dos pulmões em L/min. Seu uso tem a função de verificar a diminuição da função respiratória, o que possibilita uma medida preventiva quanto à função pulmonar (FRITSCHER, KAHAAN, ZETTER, 2007).

A medida do pico de fluxo expiratório, conhecido no inglês como *peak-flow meter*, representa uma das formas de se estudar o impacto da poluição do ar nos pulmões, principalmente em crianças e idosos, sendo muito utilizada nos estudos de séries temporais. É um aparelho portátil, barato e mede o fluxo expiratório máximo. O aparelho pode determinar a severidade e a presença de obstrução ao fluxo aéreo, possibilitando uma avaliação rápida do padrão obstrutivo ou de redução dos fluxos expiratórios (CORREIA, 2001).

As análises espirométricas devem ser comparadas com os padrões de qualidade do ar e as concentrações de poluentes e a frequência das exposições aos poluentes (SALDIVA et al, 1995; BOAVENTURA, 2007).

Em seus estudos da função pulmonar Correia (2001), utilizou o peak flow em crianças expostas à poluição atmosférica urbana de São Paulo, efetuando medidas espirométricas de fluxo respiratório de pico diários e comparando-as com as concentrações de poluentes conforme dados da CETESB. Foi constatado um decréscimo da função pulmonar (fluxo expiratório de pico) no período observado

relacionado com aumento nos níveis de poluição por partículas, SO₂, CO, O₃, NO₂, NOx e NO. Esta pesquisa corroborou com os estudos de Martins (2002).

Pesquisa realizada por Hofmeister (1991), em Cubatão, no período de 1983 a 1989, em dois grupos de crianças clinicamente saudáveis, constatou decréscimo na função pulmonar associada com a exposição a poluentes atmosféricos. O estudo verificou que neste período as medidas de controle de poluição do ar não tiveram a eficácia pretendida, prevendo para aquela ocasião, sérios problemas de saúde pública. Em sua pesquisa as crianças foram submetidas a exames espirométricos para avaliação da função pulmonar, com uso de espirômetro seco, e ênfase na análise da Capacidade Vital Forçada (CVF), do Volume Expiratório no 1ºsegundo (VEF 1,0), do Pico de Fluxo Expiratório (PFE) e do Fluxo Médio Expiratório Forçado (FMF 25-75 por cento) e das variações desses parâmetros em relação aos níveis de poluição do ar registrados no período. Os resultados espirométricos indicaram decréscimo da função pulmonar, com tendência de perdas de 5 a 8% ao ano no período em que a pesquisa foi realizada.

De acordo com DOCHERY; BRUNEKREEF (1996) os sintomas respiratórios das vias inferiores possuem correlação com MP₁₀, havendo constatação de um percentual médio de decréscimo do fluxo respiratório de pico (peak flow).

A espirometria pode ser aplicada efetivamente na prevenção primária, uma vez que a manifestação dos sintomas é secundária à exposição e a irritabilidade pulmonar. Os achados clínicos quanto à ventilação pulmonar são significantes para a intervenção precoce, evitando-se confundir “evidência de nenhum efeito” com “nenhuma evidência de efeito” e “ausência de evidência” com “nenhuma evidência de ausência” (ABREU et al., 2007).

O exame espirométrico é utilizado para a obtenção de dados primários que são úteis para as pesquisas que relacionam níveis de poluentes e agravos. Os indicadores de efeitos utilizados nas investigações sobre os efeitos da poluição do ar na saúde, geralmente são obtidos de fontes de dados secundários, sendo os mais utilizados os dados de morbidade e de mortalidade por diversas causas. Com esta finalidade utiliza-se a aplicação de questionários de sintomas respiratórios. Ambos contribuem para construção de um arcabouço legal para os níveis de poluentes e para a compreensão do processo de adoecimento cardiorrespiratório (PEREIRA, 2002).

1.6 JUSTIFICATIVA

O Município de Cubatão está localizado na Baixada Santista, na micro-região de Santos. Possui um grande complexo industrial e uma população de aproximadamente 116.010 habitantes (IBGE, 2010). Por ser uma área industrial e com grande histórico de poluição atmosférica, pode ser considerada uma cidade ideal para estudos sobre os efeitos de poluentes atmosféricos na saúde humana.

Esta cidade já foi considerada a mais poluída do Brasil. Embora medidas tenham sido tomadas para a redução e controle das fontes, as concentrações de poluentes atmosféricos na região ainda podem ser prejudiciais à saúde.

As exposições em longo prazo, mesmo que em conformidade com os padrões CONAMA (Quadro I), podem caracterizar um efeito acumulativo e ser responsável por doenças respiratórias crônicas e por distúrbios da função respiratória na população residente na região central do município.

Esta exposição pode ocorrer sempre que não houver o indicativo de boa qualidade de ar ou nas oscilações entre qualidade boa e regular, quando as concentrações diárias estão próximas do limite máximo do índice de qualidade regular.

Este fator expositivo pode oferecer risco à saúde, uma vez que as recomendações da Organização Mundial de Saúde (Quadro 3) sugere a redução dos níveis máximos para os poluentes clássicos, justificando que os níveis atuais não são seguros e podem ser responsáveis pela gênese de doenças respiratórias e outros malefícios à saúde humana.

Com esta ênfase, ao analisar os dados dos relatórios da CETESB de 1999 a 2008, verificaram-se ultrapassagens dos níveis de concentração de poluentes que podem em longo prazo afetar a saúde da população. Para este estudo os níveis de concentração de PTS na Vila Parisi e MP₁₀ e O₃ observadas na região central de Cubatão foram analisados e utilizados para dar embasamento, na possibilidade de alteração da função respiratória por exposição crônica a poluição atmosférica em um período de 10 anos. De acordo com o Gráfico 1, a concentração de PTS para o período proposto, na região industrial de Vila Parisi, apresentou na, maior parte do tempo, qualidade do ar regular ou inadequada, com alguns períodos de má e péssima qualidade, dados estes que podem ser comprometedores para a saúde da população. Como as evidências científicas apontam para uma associação do PTS com as

disfunções das vias aéreas superiores (espirros, rinite, tosse seca, coriza, sinusite) e resfriados e lacrimejamento nos olhos, há possibilidade de constatar a presença destes sintomas em moradores da região central desta cidade. Ressalta-se que não há dados de PTS para a região central de Cubatão.

Gráfico 1 - Evolução da distribuição percentual da qualidade do ar em relação à concentração de PTS em Cubatão na Vila Parisi (Região industrial).

FONTE: CETESB, 2009

No Gráfico 2, a concentração de MP₁₀ para o mesmo período, também desperta atenção. Embora, a qualidade do ar na maior parte do tempo tenha classificação boa, ao longo dos anos, observa-se que a condição regular esteve presente em aproximadamente 14% do tempo.

Outra consideração relevante, é que mesmo apresentando índice de boa qualidade do ar, concentrações diárias ultrapassaram os limites desta classificação, podendo influenciar o aparelho respiratório (CETESB, 2008).

Este fato pode ter influência sobre a função pulmonar, pela possibilidade de pequenas quantidades de partículas se depositarem no aparelho respiratório, podendo exercer atividade fisiopatológica ao longo do tempo de exposição.

Assim, na região central de Cubatão, pessoas mais sensíveis ou com pré-disposição a distúrbios respiratórios, podem desenvolver alterações da função respiratória e ou doenças respiratórias pela presença de MP10 no ar respirado em decorrência do efeito acumulativo destas partículas. Em razão destas condições, existe a possibilidade de um reflexo na saúde da população local, em razão do efeito crônico da poluição.

Gráfico 2 - Evolução da distribuição percentual da qualidade do ar em relação à concentração de MP10 em Cubatão na região central.

FONTE: CETESB, 2009

Ao verificar o Gráfico 3, que retrata a concentração de ozônio nas mesmas condições do MP10 e do PTS, novamente observa-se índices que podem interferir na saúde de indivíduos que vivem na região central da cidade.

Embora nos últimos cinco anos a concentração tenha sofrido uma redução, em todo o período analisado, a qualidade do ar apresentou a condição regular em aproximadamente 32,3 % do tempo, a condição inadequada em 1,81 % e a condição má em 0,8% do tempo.

Empregando a mesma argumentação anteriormente citada, obtemos um

resultado equivalente, porém específico para os malefícios do ozônio sobre o organismo e talvez mais significativo quando comparado ao do MP₁₀, em razão das concentrações atingirem índices piores de qualidade do ar para o O₃.

Gráfico 3 - Distribuição percentual da qualidade do ar na região central de Cubatão com relação a concentração de ozônio.

FONTE: CETESB, 2009.

Por outro lado, a cidade de Bertioga não possui histórico de poluição atmosférica. Mesmo estando localizada geograficamente próxima a Cubatão, não há referência da presença de concentração de poluentes atmosféricos nesta região, bem como de medições de PTS, PM₁₀, O₃ e ou outros poluentes nos últimos anos. O município possui ainda, um selo de qualidade ambiental, intitulado “*Selo Verde*”, que o classifica com boa qualidade ambiental. Esta condição qualifica Bertioga como uma região ideal de estudo, tendo como justificativa o fato de não haver exposição da população a grandes concentrações de poluentes atmosféricos. Assim a comparação dos resultados nos dois sítios de investigação permite verificar a associação dos efeitos da poluição atmosférica com a qualidade do ar.

Após esta breve análise, verifica-se também que as pesquisas sobre os efeitos agudos da poluição atmosférica frequentemente são realizadas na região de Cubatão.

No entanto, a exposição crônica por períodos maiores que 10 anos pouco foi pesquisada até o presente momento. Os estudos geralmente abordam os extremos de idade, ou seja, crianças e idosos, porém com relação a ação de poluentes sobre a saúde respiratória de adultos não existem muitas informações precisas.

Tal fato despertou o interesse do AUTOR por este tema, em razão das seguintes problemáticas:

- 1 – Pesquisas indicam que os índices utilizados para a qualidade do ar no Brasil não são seguros;
- 2 – As concentrações de material particulado e ozônio em Cubatão, em muitas ocasiões, apresentaram episódios de qualidade do ar regular ou inadequada;
- 3 – Os adultos, com idade entre 29 e 50 anos, estão no período de senescência, isto é, período em que o organismo passa pelo processo de envelhecimento fisiológico e fica mais vulnerável a exposição de fatores ambientais e ao decréscimo da função respiratória.
- 4 – A escassez de estudos em indivíduos nesta faixa etária, e a associação entre qualidade do ar, função pulmonar, senescência e tabagismo reforçaram a escolha da temática.

Finalizando, a função pulmonar de indivíduos expostos a estas concentrações de poluentes atmosféricos apresentadas, pode sofrer alterações no período da senescência em razão da qualidade do ar respirado. Os resultados obtidos podem ser utilizados para identificar o estado de saúde pulmonar da população estudada, bem como associar a função respiratória com a qualidade do ar e as condições de exposição a poluentes ambientais, permitindo e auxiliando a adoção de políticas públicas preventivas no controle das afecções respiratórias.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo verificar a associação entre poluição atmosférica e alterações da função pulmonar em indivíduos fumantes e não fumantes decorrentes da exposição crônica à poluição, na faixa etária de 29 a 50 anos, nos municípios de Cubatão e Bertioga.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 - Verificar a qualidade do ar e possíveis episódios de poluição na cidade de Cubatão, no período de outubro de 2010 a maio de 2011;

2.2.2 – Quantificar a concentração de PTS, MP10 e ozônio no município de Bertioga;

2.2.3 – Verificar a presença de disfunções respiratórias obstrutivas (DVO), restritivas (DVR) ou mistas (DVM) por meio do teste espirométrico, através da mensuração da Capacidade Vital Forçada (CVF), Volume Expiratório no 1º segundo (VEF₁) e a relação o VEF₁/ CVF em indivíduos fumantes e não fumantes;

2.2.4 - Quantificar as disfunções do trato respiratório;

2.2.5 - Verificar a prevalência de sintomas respiratórios;

2.2.6 – Verificar e comparar a associação entre a poluição atmosférica, tabagismo e a função respiratória dos participantes nos dois municípios.

3 MÉTODO

3.1 Tipo de estudo

Estudo do tipo ecológico transversal, para a verificação de efeitos crônicos da poluição atmosférica.

3.2 Caracterização da área de estudo

Estudo realizado nos municípios de Cubatão e Bertioga.

- Cubatão: Está localizada na Baixada Santista, entre a Serra do Mar e a cidade de Santos, sendo considerada uma micro-região de Santos. É considerada uma cidade de atividade industrial. Sua população conforme dados do IBGE (2010) é de aproximadamente 116.010 habitantes, e a estimativa da população com idade entre 30 a 49 anos, segundo o IBGE (2000) é de aproximadamente 27.814 habitantes. Basicamente sua população reside na região central do município e bairros adjacentes, não havendo moradores no bairro industrial.

Os dados de concentração de poluentes atmosféricos são gerados diariamente por estações automáticas da CETESB que estão instaladas na região central, na Vila Parisi e no Vale do Mogi.

As concentrações dos últimos dez anos evidenciam esta região como ideal para estudos sobre poluentes atmosféricos.

Para este estudo, os dados utilizados para O₃ e MP₁₀ foram da estação centro. Para o PTS, foram utilizados dados da estação Vila Parisi .

- Bertioga: Possui uma população de aproximadamente 45.694 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com o censo 2000 (IBGE, 2000) possuía 9.137 habitantes na faixa etária de 30 a 49 anos.

Também está localizada na microrregião de Santos, mais especificadamente no litoral Norte. É um município de atividade turística e pesqueira, sem industrialização.

Oficialmente não existem dados relativos à concentração de poluentes atmosféricos no município, embora a cidade possua o selo verde.

Bertioga está localizada a uma distância de aproximadamente 50 quilômetros de Santos e Cubatão. Conforme a Figura 6 observa-se que, em linha direta esta distância diminui para aproximadamente 30 quilômetros.

Figura 6 – Localização geográfica de Cubatão e Bertioga

FONTE: Googlemaps, 2010

Ambas as cidades possuem altitude, clima e condições atmosféricas similares e, por estarem geograficamente próximas, permitem a realização de estudo comparativo entre elas de forma mais efetiva, em razão das semelhanças mencionadas.

3.3 Período de estudo

O estudo foi realizado no período de outubro de 2010 a junho de 2011.

3.4 População do Estudo

Nesta pesquisa a população selecionada foi uma amostra de funcionários públicos municipais das cidades de Cubatão e Bertioga, de ambos os gêneros, com idade entre 29 e 50 anos.

Participaram do estudo 360 funcionários em ambos os municípios. Os participantes possuíam funções administrativas e de infraestrutura interna. A amostra foi constituída por aproximadamente 70% dos funcionários com idade respectiva a faixa etária proposta.

3.5 Caracterização da população estudada

- Critérios de Inclusão:

A população do estudo foi composta por funcionários públicos municipais que concordaram em participar da pesquisa e com as seguintes características:

- Residir ou trabalhar no município por um período superior a 10 anos;
- Possuir idade entre 29 e 50 anos;
- Não estar em crise aguda de enfermidade respiratória aguda ou crônica;
- Estar em condições físicas para realizar o teste espirométrico;

- Critérios de Exclusão:

Além dos funcionários que não concordaram em participar foram excluídos aqueles que não conseguiram realizar o teste depois de oito tentativas e os indivíduos que apresentaram algum distúrbio na execução do teste espirométrico em razão de resfriados, vertigens, tonturas, mal estar e desconforto.

3.6 Coleta de dados

O estudo foi realizado em três etapas. Na primeira etapa foi realizada a coleta e a mensuração de PTS, MP₁₀ e O₃ em Bertioga. A segunda etapa consistiu na aplicação do questionário de sintomas respiratórios seguido imediatamente pela aplicação do teste de espirometria que compôs a terceira etapa.

A coleta de poluentes atmosféricos somente foi iniciada após autorização da Prefeitura Municipal de Bertioga, por meio da Secretaria de Meio Ambiente,

posteriormente aos esclarecimentos de todos os procedimentos que seriam efetuados, inclusive a espirometria.

A pesquisa teve início em março 2010 por meio da observação e avaliação da região central de Bertioga, para a colocação dos Amostradores de Grande Volume (AGV) para medição de PTS e MP₁₀ e os coletores passivos de O₃ (Figura 7).

Figura 7 – Macro-localização dos pontos de amostragem de PTS, MP₁₀ e O₃, em Bertioga.

FONTE: Googlemaps, 2010

Os equipamentos AGV-MP₁₀ e AGV-PTS foram instalados no prédio da Prefeitura Municipal situada à Rua Luiz Pereira de Campos, 901. Observando a Figura 8, verifica-se que a prefeitura fica na região central da cidade, a qual ofereceu infraestrutura e segurança aos equipamentos utilizados por possuir vigilância vinte e quatro horas por dia. Os coletores do tipo *Shelter* para O₃ foram fixados em dois pontos, o primeiro na Avenida Anchieta, próximo ao estacionamento da prefeitura e o segundo no Parque do Forte.

As coletas de Material Particulado Total em Suspensão (PTS), de Material Particulado Inalável (MP₁₀) e de ozônio foram efetuadas utilizando-se equipamentos do Laboratório de Qualidade do Ar e Ventilação da FSP/USP.

Para a coleta de amostras de material particulado (PTS e MP₁₀), foram utilizados filtros de fibra de vidro da marca Energética (203 x 254 mm), que foram estabilizados por 24 horas em dessecador com sílica gel, para remoção da umidade antes de efetuar a pesagem inicial dos filtros, ou seja, na pré-amostragem. Com esta finalidade foi usada uma Balança analítica Mettler Toledo AG-204, com precisão de 0,1 mg. No manuseio dos filtros foi adotado o uso de luva e de pinça com a finalidade de evitar danos aos mesmos.

Figura 8- Prefeitura Municipal de Bertioga

FONTE: Imagem do próprio autor

3.6.1 – Coleta de PTS

O material particulado total em suspensão foi coletado no período de outubro a dezembro de 2010, com uma frequência de três vezes por semana (segunda-feira, quarta- feira e sexta-feira). Foi usado um amostrador de grande volume da marca Energética, que atende o método NBR 9547 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993).

As amostras foram coletadas, durante 24 horas, com início e término de coleta em torno das 17:00 horas. Antes da primeira coleta o amostrador foi calibrado através

de orifício e manômetro de coluna d'água em U (Figura 9), segundo a recomendação do método. A calibração do aparelho ocorreu a cada 15 dias.

A cada coleta um novo filtro era colocado no equipamento, utilizando-se luvas-procedimento e o filtro pós amostragem era retirado, dobrado e acondicionado para pesagem. Em seguida mensurava-se por meio de uma estação meteorológica a temperatura, a pressão atmosférica e a umidade, sendo também anotados dados das condições climáticas conforme formulário específico para amostragem de partículas totais em suspensão (PTS) utilizado pelo Laboratório de Qualidade do Ar e Ventilação da FSP/USP (ANEXO V).

Figura 9 – AGV-PTS com o calibrador

FONTE: Imagem do próprio autor

Após obtenção dos dados da estação meteorológica, verificava-se os valores do horâmetro (inicial e final), o *timer* do aparelho era regulado para uma nova amostragem de 24 horas e o disco DIM (Figura 10) era fixado para o registro de vazão, sempre posicionando o marcador (pena) em zero.

A massa de material particulado foi determinada gravimetricamente, por meio de pesagem dos filtros antes e após a amostragem, em ambos os casos após estabilização da umidade por 24 horas em dessecador com sílica. Finalizando, todos os dados foram adicionados ao formulário específico para obtenção da concentração do PTS.

Figura 10 – AGV – Parâmetros

FONTE: Imagem do próprio autor

Abaixo, a Figura 11 mostra o AGV nas dependências da prefeitura municipal de Bertioga, mais precisamente ao lado do gabinete do prefeito.

Figura 11 – Equipamento AGV (PTS) no Pátio da Prefeitura Municipal de Bertioga

FONTE: Imagem do próprio autor

3.6.2 Coleta de MP10

Na sequência deu-se início à coleta das amostras do MP10, efetuada no período de janeiro a março de 2011. Foi utilizado um amostrador AGV da Energética

(Figura 12), de acordo com o método NBR 13412 (ABNT, 1995) (SILVA, PESQUERO, RIBEIRO, ASSUNÇÃO, 2006).

As amostras foram coletadas durante 24 horas com uma frequência de três vezes por semana e com início e término de coleta em torno das 17:00 horas. Antes e após cada coleta, o amostrador foi calibrado por meio de um manômetro de coluna d'água em U, segundo recomendação do método.

FIGURA 12 – Amostrador AGV-PM₁₀ no pátio da Prefeitura Municipal de Bertioga

FONTE: Imagem do próprio autor

Os filtros e o procedimento utilizado para estabilização e pesagem pré e pós-amostragem foram os mesmos conforme especificado anteriormente. As trocas dos filtros foram realizadas por meio do uso de luvas procedimento, sendo os filtros dobrados e acondicionados para posterior procedimento laboratorial. A cada amostragem a pressão inicial e final era obtida (Figura 13), bem como os valores do horômetro (inicial e final). Os dados referentes à pressão atmosférica, umidade do ar, temperatura foram mensurados por meio de uma estação meteorológica portátil. As observações das condições climáticas foram anotadas e passadas posteriormente junto com todos os outros dados necessários para o formulário de campo do MP₁₀ (ANEXO VI).

Ao término das observações e das anotações dos valores mensurados, um novo filtro e disco eram colocados no amostrador, a pressão inicial era mensurada e o *timer* regulado para uma nova amostragem. Por fim, os filtros foram novamente estabilizados por 24 horas, pesados em uma balança analítica Mettler Toledo AG-204 e então após identificar todas as variáveis foi determinada a concentração de material particulado.

Figura 13 – Amostrador AGV-MP10 em preparação para a coleta

FONTE: Imagem do próprio autor

Ao término da coleta de PTS e MP10, os valores obtidos das amostras foram tabelados para posterior comparação àqueles mensurados em Cubatão.

Por meio do Sistema de Informações da Qualidade do Ar - QUALAR da CETESB foram obtidos os valores diários da concentração destes poluentes na região central de Cubatão (Estação automática Cubatão-Centro), com referência ao mesmo período da amostragem realizada em Bertioga.

Na sequência foram calculadas as médias do período conforme os dias de amostragem de Bertioga.

3.6.3 Coleta de O₃

A coleta de O₃ foi realizada no período de fevereiro a maio de 2011 e ocorreu paralelamente à coleta de MP10. O período de exposição para a amostragem foi de sete dias.

De acordo com o mapeamento inicial os coletores foram fixados em dois

pontos. O ponto denominado “1” foi o Parque do Forte, e o ponto “2” a Avenida Anchieta, nas proximidades do número 1014.

O ponto “1” está localizado na Avenida Vicente de Carvalho, de frente para o Oceano Atlântico, é um ponto turístico, localizado a uma distância de aproximadamente 900 metros do ponto “2” e a uma distância de aproximadamente 970 metros da Prefeitura Municipal (Figura 14 e 15).

Normalmente o movimento de veículos é pequeno nesta área durante a semana, no entanto ocorre um aumento do fluxo de veículos automotores nos feriados e finais de semana. Durante toda a semana, os barcos pesqueiros passam obrigatoriamente pelo forte e aos finais de semana este movimento é incrementado por outras embarcações.

Figura 14 – Ponto 1 - Forte São João vista frontal, lateral direita e lateral esquerda

FONTE: Imagem do próprio autor

Figura 15 – Coletor fixado no Forte São João

FONTE: Imagem do próprio autor

O ponto “2” foi a Avenida Anchieta, a fixação do coletor foi a aproximadamente 900 metros do Forte São João e a 600 metros da Prefeitura Municipal (Figuras 16 e 17). De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente de Bertioga, durante a semana ou fora da temporada esta região é a mais movimentada, ou seja, é responsável pelo maior fluxo de movimento da população local. Como em qualquer outra área central, nos finais de semana, feriados e férias escolares existe um aumento das atividades nesta região.

Figura 16 – Ponto “2” Avenida Anchieta vista frontal sentido balsa e vista aérea

FONTE: Imagem do próprio autor

Figura 17 - Coletor fixado na Avenida Anchieta

FONTE: Imagem do próprio autor

Os coletores de suporte do tipo “Shelter” para acoplagem do amostrador passivo foram colocados em postes de ferro e amarrados com arame para fixação. A altura que o coletor foi instalado foi de aproximadamente 2,30 metros para evitar possível remoção ou danos ao amostrador.

O método utilizado para o processo de coleta e análise do O_3 , seguiu o mesmo desenvolvido por KOUTRAKIS et al. (1993) com algumas modificações de acordo com os recursos disponíveis. Foi dividido em quatro etapas concomitantes, preparação do material de coleta; trabalho em campo; análise laboratorial e análise estatística. A coleta de O_3 respeitou o método: “*Protocol for Ozone*” (HARVARD, 2001).

O material preparado para a coleta de O_3 foi do tipo amostragem passiva. Basicamente a técnica empregada utilizou como fundamento o princípio da difusão, que consiste no movimento de moléculas através de um gradiente de concentração entre o coletor e o ar exterior (CRUZ e CAMPOS, 2006). O coletor utilizado foi do tipo absorvente químico que foi desenvolvido por pesquisadores da Escola de Saúde Publica de Harvard, USA, e é comercializado pela Ogawa & Co.USA. Consiste em tubos cilíndricos de plástico contendo em cada extremidade, pequeno filtro de microfibra de vidro, denominado *pad*, impregnado com solução de nitrito (NO_2^-). O O_3 em contato com essa substancia oxida nitrito a nitrato (NO_3^-). O amostrador foi montado previamente no laboratório unindo-se a partes e colocando-se o filtro conforme a Figura 18.

Figura 18 - Esquema do amostrador passivo OgawaR.

Fonte: <http://www.ogawausa.com>

Na sequência foram acondicionados em material plástico para que não houvesse contato com o ar atmosférico e em seguida colocado em frasco âmbar. Então foram levados até o local de coleta.

Para cada coleta foram providenciados três Kits montados (Figura 19). Dois deles foram acoplados aos coletores Shelter em cada ponto especificado e um era aberto e exposto ao ar ambiente (“branco”). O “branco” foi utilizado para analisar possível interferência no processo de difusão no momento da troca dos amostradores. Periodicamente, o procedimento era repetido, ou seja, a cada sete dias o amostrador era trocado.

Figura 19 – Kit de substituição e “Branco”, coletor Shelter e amostrador respectivamente

FONTE: Imagens do próprio autor

Após a amostragem, os coletores de O₃ foram novamente acondicionados em material plástico e armazenados em frasco âmbar para proteção contra os raios solares, e o transporte entre a área de estudo (Bertioga) e o laboratório (São Paulo) foi efetuado sem refrigeração, seguindo o “*Protocol for Ozone*” (HARVARD, 2001).

As análises das amostras de ozônio foram realizadas por cromatografia iônica no IAG/USP, no seu Laboratório de Poluentes Atmosféricos – LAPAT.

Depois da exposição dos coletores, os filtros absorventes (*pads*), em pares, foram realocados em frascos contendo 5 mL de água ultra-pura e submetidos a agitação mecânica por 15 minutos. Em seguida a solução foi filtrada em membrana 32 de 0,22µm e na sequência analisada em cromatógrafo iônico. Conforme especificações apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Condições de análise para mensuração de anions em Cromatografia a Líquido com detector por condutividade elétrica.

Marca/Modelo do Cromatógrafo	Metrohn Compact IC/ 761
Coluna	Metrosept ASUPP5
Fluxo do eluente	0,7 mL/min
Concentração de espécies do eluente	Na ₂ CO ₃ = 3,2mM NaHCO ₃ = 1,0 Mm
Curva analítica	0,5; 2,0; 3,0; 4,0 e 8,0 ppm de solução padrão de nitrato

Os resultados de ozônio foram obtidos indiretamente pela concentração de anions nitrato. Os *pads* utilizados na amostragem continham, majoritariamente, solução de nitrito (NO₂⁻) que em contato com o O₃ sofreu oxidação, produzindo nitrato (NO₃⁻).

Ao término do procedimento de coleta adotado para o O₃, foi realizada a limpeza do material para reutilização do mesmo, exceto os *pads*. As tampas e telas de aço inoxidável foram cobertas com água ultrapura em frasco apropriado e submetidas à agitação mecânica por 15 minutos. Utilizou-se toalha de papel para retirar o excesso de água do material e o mesmo secou em temperatura ambiente, recoberto com papel.

Os resultados obtidos foram tabelados segundo o período de amostragem, especificados no Quadro 5.

Quadro 5. Períodos de coleta de O₃ em Bertioga

Coleta 1	17/03/11 a 24/03/11
Coleta 2	24/03/11 a 31/03/11
Coleta 3	31/03/11 a 07/04/11
Coleta 4	07/04/11 a 14/04/11
Coleta 5	14/04/11 a 25/04/11
Coleta 6	25/04/11 a 02/05/11

Na sequência foram obtidos os valores diários de O₃ da estação automática Cubatão/Centro por meio do site da CETESB, do sistema QUALAR, relativos ao mesmo período da amostragem de Bertioga.

Por último, foram calculadas as médias por período de Cubatão de forma respectiva aos períodos de amostragem passiva de Bertioga para a comparação das concentrações de O₃ entre as duas cidades.

3.7 Questionário de sintomas respiratórios e espirometria

A aplicação do questionário e a execução do exame espirométrico somente foram efetuados após a aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (ANEXO I).

Inicialmente quatro colaboradores foram treinados para aplicar os questionários e esclarecer eventuais dúvidas dos participantes com critério de imparcialidade. O mesmo grupo recebeu treinamento para a execução do teste espirométrico e sobre a conduta e os procedimentos a serem efetuados.

A aplicação do questionário de sintomas respiratórios e o teste espirométrico foram iniciados em março de 2011. Foram distribuídos 180 questionários em cada município conforme mostra a Figura 22.

Antes de iniciar os procedimentos, os participantes receberam informações e esclarecimento sobre a pesquisa, com relação aos objetivos e a importância do estudo em relação à prevenção primária e tratamento de disfunções respiratórias.

Na sequência os participantes assinaram o termo de consentimento (ANEXO III) e foram submetidos a um inquérito individual aplicado por pessoas treinadas para este fim.

Após a aplicação do questionário em cada setor, verificou-se os critérios de inclusão e exclusão e em seguida foram selecionados os participantes que realizariam o teste espirométrico.

3.7.1 - Questionário de sintomas respiratórios

O questionário utilizado neste estudo (ANEXO IV) foi adaptado com base no Questionário de ISSAC para adultos e no questionário MRC (Medical Research Council) de índice de dispnéia (CAMARGO, PEREIRA, 2010), ambos validados e utilizados em pesquisas no Brasil.

As questões foram adaptadas conciliando também os indicativos de doença respiratória associada ou pregressa desenvolvido por Pereira et al (2002) e pela inclusão de perguntas de cunho sócio-clínico.

O questionário possui duas partes, a primeira voltada às condições sócio-clínica, composta por 25 questões e a segunda com ênfase nos sintomas respiratórios contendo 16 questões.

No quesito condições sócio-clínica, as vinte e cinco questões foram compostas por 17 questões fechadas e 8 questões abertas.

Quanto aos sintomas respiratórios as 16 questões foram subdivididas em seis categorias, A, B, C, D, E e F.

As questões A1 e A2 foram do tipo fechada e avaliaram a possibilidade de presença de falta de ar. Para a avaliação do grau de dispnéia foi utilizado o índice adaptado de dispnéia modificado do MRC que é graduado em escala de 0 a 5 conforme a resposta obtida (Quadro 6).

Quadro 6 – Índice de dispnéia modificado do MRC adaptado

0	Não sinto falta de ar
1	Sinto falta de ar quando realizo exercícios intensos
2	Tenho falta de ar quando ando mais rápido, quando ando em subidas ou subo escadas
3	Preciso parar algumas vezes quando ando no meu passo normal em chão plano, andar mais devagar que pessoas de minha idade ou parar de caminhar por causa da falta de ar
4	Preciso parar de caminhar no chão plano devido à falta de ar depois de andar uns 100 metros ou alguns minutos
5	Sinto tanta falta de ar que não saio de casa, ou preciso de ajuda para me vestir ou tomar banho

FONTE: SBPT, 2004

As perguntas B1, B2 e B3 foram do tipo fechada e verificaram a presença de sibilância nos participantes. A categoria C composta por três questões fechadas (C1, C2 e C3) verificaram a presença e variação do sintoma tosse. As questões D1, D2 e D3 também do tipo fechada foram correlacionadas com a presença de catarro. Este grupo de questões (A, B, C e D) foi aplicado para analisar a possibilidade de disfunção nas vias aéreas inferiores.

A categoria E foi associada com prováveis disfunções que podem acometer as vias aéreas superiores, sendo composta pelas perguntas E1, E2, E3, todas do tipo fechada.

Por último as perguntas F1 e F2 foram relacionadas ao hábito de fumar, em razão da possibilidade de alteração da função respiratória em fumantes e consequentemente da influência do hábito tabágico nos resultados dos testes espirométricos ao se comparar fumantes e não fumantes expostos a poluição atmosférica. A primeira pergunta foi do tipo aberta e a segunda fechada.

3.7.2 – Espirometria

A espirometria foi realizada por meio do espirometro portátil Pony FX da marca Cosmed em todos os participantes selecionados, de acordo com as Diretrizes para Testes de Função Pulmonar.

Figura 20 – Espirômetro portátil Pony FX Cosmed

FONTE: <http://www.gerarmed.com.br>

O espirometro modelo Pony FX é de fácil manuseio, portátil, utiliza um método não invasivo, possui um teclado alfa numérico para inserir informações completas sobre o paciente. Não houve risco de contaminação para os indivíduos submetidos ao teste de espirometria, pois o bocal utilizado era descartável e trocado a cada teste. O filtro do aparelho era trocado a cada dez testes realizados, de acordo com o próprio fabricante do aparelho, ou quando o indivíduo que iria realizar o teste já

apresentava alguma disfunção pré-existente. O filtro era trocado antes do início do teste. Os filtros utilizados possuíam grau de eficiência de 99,99% de proteção.

O aparelho foi calibrado diariamente, para melhor desempenho do equipamento.

Figura 21 – Turbina acoplada ao filtro descartável e bocal descartável

Turbina e filtro descartável

Filtro e Bocal descartável

FONTE: Imagem do próprio autor

Antes de realizar o teste, o peso e a altura do participante foi mensurado em uma balança digital antropométrica do próprio pesquisador. Na sequência um auxiliar treinado ou o próprio pesquisador orientou o participante quanto à realização do exame e demonstrou os procedimentos para a sua execução, dando ênfase na necessidade de evitar vazamentos em torno do bocal e era solicitado ao indivíduo que não fumasse até a realização do teste.

Durante cada teste o participante permaneceu sentado, com a cabeça mantida em posição neutra. O bocal foi colocado na boca, sobre a língua entre os dentes e lábios serrados, evitando o vazamento. O clip nasal foi colocado no nariz do participante com a finalidade de evitar compensações nasais.

Para a realização do teste de Capacidade Vital Forçada, o participante permaneceu sentado, o teste foi explicado novamente pelo pesquisador caso o participante apresentasse alguma dúvida com relação à realização do teste. Em seguida, o pesquisador orientou o participante a manter o bocal próximo a boca e introduzi-lo somente ao comando verbal do pesquisador. O participante realizou duas expirações lentas, após o comando verbal “Enche o peito de ar profundamente, e solte o ar com toda força e rápido, como se fosse uma tosse ou um espirro”, o participante realizou a

manobra conforme orientado e manteve a expiração até atingir no mínimo seis segundos, quando o teste era considerado realizado.

Nos casos em que algum participante apresentou tosse persistente, relato de algum tipo de desconforto, mal estar, tontura ou vertigem; os testes foram interrompidos.

O número de tentativas dos testes levou em conta três curvas consideradas aceitáveis e duas curvas consideradas reprodutíveis.

Se os valores obtidos não fossem reprodutíveis após oito tentativas, o teste era suspenso e o indivíduo considerado excluído do estudo. O distúrbio ventilatório apresentado pelo indivíduo, após a finalização dos testes, era demonstrado na tela do próprio aparelho.

Todos os testes foram realizados sem o uso de broncodilatadores, apesar de ser um indicativo para a confirmação dos distúrbios ventilatórios apresentado pelo indivíduo, não foi utilizado em razão dos critérios de inclusão e por motivo de segurança.

As curvas consideradas aceitáveis foram selecionadas pelo próprio aparelho, sendo a curva que apresentava melhor desempenho do indivíduo e aquela segundo o I Consenso Brasileiro sobre Espirometria apresentavam estes critérios:

- Inspiração máxima antes do início do teste

- Início satisfatório da expiração

Considerações:

Evidência de esforço máximo

Volume retroextrapolado menor que 5% da CVF ou 0,10L, o que for maior

Diferença entre os três maiores valores do PFE < de 0,5L/s

Expiração sem hesitação

- Duração satisfatória do teste

Em geral < 6s

Pelo menos 10s na presença de obstrução, idealmente 15s

- Termina

Platô no último segundo

Desconforto acentuado ou risco de síncope

- Artefatos ausentes

Tosse no primeiro segundo

Vazamento

Obstrução da peça bucal

Manobra de Valsalva

Ruído Glótico

Os valores de referência utilizados em espirometria variam de acordo com sexo, idade, altura, etc. Para a população brasileira foram usados os valores de referência já calculados por Pereira (1996), apresentados no espirômetro modelo Pony FX da marca Cosmed:

- **Idade de 25 a 78 anos**

CVF = estatura x 0,059 – idade x 0,0229 – 4,569

Limite inferior = previsto – 0,864

VEF1 = estatura x 0,0473 – idade x 0,0281 – 3,145

Limite inferior = previsto – 0,79

FEF25-75 = 2,7183 (log n estatura (cm) x 2,002 – log n idade x 0,6977 – 6,3279)

Limite inferior = previsto x 0,60

VEF1/CVF = 2,7183 (4,854 – log n idade x 0,1198)

Limite inferior = previsto x 0,90

3.7.3 Variáveis espirométricas utilizadas no teste

- **Capacidade vital forçada (CVF)**: representa o volume Máximo de ar exalado com esforço Máximo, a partir do ponto de máxima inspiração , representada em litros .
- **Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1)**: representa o volume de ar exalado num tempo especificado durante a manobra de CVF; expressa em litros.
- **VEF1/CVF (Índice de Tiffenau)**: representa a relação VEF1/CVF. .
- **VEF 25/75%**: representa o fluxo inspiratório forçado médio de um segmento obtido

durante a manobra de CVF; isto é , entre 25 e 75% da curva de CVF. Esta grandeza é expressa em litros por segundo (BTPS).

Os resultados obtidos por meio do teste espirométrico, e demonstrados pelo aparelho quanto as possíveis disfunções foram: Restritivo, Obstrutivo ou Misto. Caso não houvesse nenhum distúrbio ventilatório, a espirometria era considerada normal.

- Distúrbio Ventilatório Restritivo (DVR)

A doença pulmonar restritiva é considerada como qualquer processo que interfira com a ação de fole dos pulmões ou da parede torácica, ou seja, quando a expansão do pulmão é restringida por causa de alterações do parênquima pulmonar, da pleura, da parede torácica e ou do aparelho neuromuscular . A restrição resulta em volumes pulmonares reduzidos. Esta disfunção tem como característica mecânica a baixa complacência pulmonar. Nestas condições, há uma maior tensão superficial na parede dos alvéolos, fazendo com eles apresentem uma tendência muito mais forte ao colapamento, assim, irá penetrar uma quantidade menor de ar nos alvéolos, ou seja, haverá uma diminuição na ventilação. Desta forma, para que haja a mesma entrada de ar que numa situação normal, é necessário o emprego de uma força maior, junto à musculatura associada à inspiração (NERY, FERNANDES, PERFEITO, 2006; SCANLAN,WILKINS, STOLLER, 2000).

A perda do volume pulmonar pode ocorrer na presença de disfunções inflamatórias autoimunes, por meio da inalação de produtos tóxicos (fibrose intersticial), na presença de obesidade, quando o parênquima pulmonar é deslocado (tumores, derrames pleurais) ou removido. A causa mais comum, possivelmente seja a alteração do próprio tecido pulmonar em decorrência de processos inflamatórios que causam fibrose ou infiltração nos tecidos. Doenças da musculatura respiratória e da parede torácica também podem resultar em restrição (BOEIRA,GUIVANT, 2003; SCANLAN,WILKINS, STOLLER, 2000).

Um distúrbio restritivo é caracterizado fisiologicamente por redução na CPT. Quando a CV a e CVF são reduzidas na presença de relação VEF1/CVF% e FEF25-75/CVF normais ou elevados o distúrbio é inferido. Quando a relação FEF25-75/CVF% situar-se de acima 150% (950 percentil em adultos e crianças brasileiros) ou

TEF25-75% < 0,3s, ocorre a caracterização de restrição com fluxos supraanormais (PEREIRA, 2002).

- Distúrbio Ventilatório Obstrutivo (DVO)

Obstrução é qualquer processo que interfere com o fluxo aéreo para dentro ou para fora dos pulmões. O local da obstrução pode estar nas grandes ou nas pequenas vias aéreas (BOEIRA, GUIVANT, 2003). A obstrução de grandes vias é o termo usado para descrever o fluxo aéreo reduzido, que ocorre por redução de calibre nas vias aéreas superiores (acima das cordas vocais), traquéia e brônquios principais (NERY, FERNADES, PERFEITO, 2006).

Nas pequenas vias aéreas refere-se à limitação ao fluxo, que ocorre nas vias com menos de 2mm de diâmetro. A obstrução de pequenas vias aéreas é característica de asma, enfisema, bronquite crônica, bronquiolite e bronquiectasias em geral. Algumas doenças, como a asma pode afetar tanto as grandes como as pequenas vias aéreas (BOEIRA, GUIVANT, 2003; PEREIRA, 2002).

O distúrbio ventilatório obstrutivo pode ser definido como uma redução desproporcional dos fluxos máximos com respeito ao volume máximo (CVF) que pode ser eliminado, podendo ser identificado na presença de: VEF1/CVF e VEF1 reduzidos e redução VEF1/CVF% em sintomáticos respiratórios, mesmo com VEF1% normal (PEREIRA, 2002).

- Distúrbio Ventilatório Misto (DVM):

Presente quando a redução dos volumes pulmonares e obstrução ao fluxo aéreo coexistem (NERY, FERNADES, PERFEITO, 2006).

Os distúrbios ventilatórios identificados pelo teste espirométrico foram classificados automaticamente pelo espirômetro conforme os valores obtidos, e subdivididos em:

- Normal
- Restrição leve

- Restrição moderada
- Restrição grave
- Obstrução leve
- Obstrução moderada
- Obstrução grave
- Misto Leve
- Misto moderada
- Misto grave

Para a análise estatística, o teste foi classificado da seguinte forma: “Normal” para a ausência de alterações respiratórias ou na presença de disfunções foram subdivididos conforme o tipo de distúrbio presente, ou seja, DVR, DVO e DVM.

Ao término dos testes, o aparelho automaticamente calculou os valores absolutos e os percentuais relativos, aos preditos para sexo, idade e altura, de cada indivíduo, seguindo a tabela descrita por Pereira (2002), já gravada na memória do aparelho. Os resultados dos testes foram armazenados no computador por meio do Software Suite COSMED e posteriormente transformados em arquivo pdf.

Os resultados espirométricos foram analisados segundo:

- Relato de doenças pulmonar
- Sintomas respiratórios
- Tabagismo
- Obesidade

Para eliminar o fator de confusão obesidade, que pode alterar o resultado do teste espirométrico foi aplicado o Índice de Massa Corporal (IMC). Para a obtenção deste índice foi aplicado o seguinte calculo: $\text{Peso Corporal} / \text{Altura}^2$. Os índices superiores a 30 indicam a presença de obesidade. O índice com variação entre 30 e 34,9 corresponde a obesidade grau I; de 35 a 39,9 indica obesidade grau II, e acima de 40 indica obesidade grau III.

Após a análise dos testes os participantes receberam uma cópia do exame (ANEXO VII) com as devidas orientações.

3.8 Método de análise de dados

Com base nos dados do questionário e da espirometria foi elaborada uma planilha e uma ficha de pré-codificação para análise estatística.

O programa de análise estatística BioEstat 2.0 foi empregado para o processamento dos dados (AYRES et al, 2000).

Os mesmos foram processados qualitativamente e quantitativamente por meio de frequência e porcentagem. Foi aplicado o teste de D'Agostinho para verificar a normalidade dos dados.

Os dados se mostraram de forma não paramétrica, sendo assim utilizou-se na comparação de amostras independentes o teste de Mann Whitney e para correlação a Correlação de Spearman.

O *Odds Ratio* foi utilizado para se verificar as proporções de duas amostras dicotomizadas, mensuradas a nível nominal. Também se utilizou o Teste de Poisson, quando se tratava de dois valores amostrais oriundos do mesmo universo (AYRES et al, 2000).

O nível de significância ou margem de erro foi estipulado em 95% ($p < 0,05$), aceito na área da saúde.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados de PTS

Estão apresentados na Tabela 1 os resultados das medições de PTS realizadas do período de 11/10/2010 à 17/12/2010.

Tabela 1. Concentração diária de PTS no município de Bertiooga no período de 11 de outubro a 17 de dezembro de 2010.

Dia/mês	Valor Diário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dia/mês	Valor Diário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
11/10	23	15/11	38
13/10	23	17/11	19
18/10	12	19/11	13
20/10	20	22/11	31
22/10	32	26/11	38
25/10	32	29/11	42
27/10	14	1/12	25
29/10	22	3/12	43
31/10	26	6/12	35
03/11	29	8/12	33
05/11	23	10/12	17
08/11	28	13/12	15
10/11	25	15/12	36
12/11	21	17/12	28
Média	26,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Desvio Padrão	8,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

Conforme a Tabela 1 observa-se que as concentrações de PTS na cidade de Bertiooga, no período mensurado, atendem aos Padrões de Qualidade do Ar secundários da Resolução CONAMA 03/90 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para valores diários e 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média anual). A média de PTS em todo o período de estudo, foi de 26,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com desvio padrão de 8,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A mínima concentração foi de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 18/10/2010 e a máxima concentração foi de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 03/12/2010. Segundo o índice de

qualidade do ar, utilizado pela CETESB (2011), estes resultados correspondem a qualidade do ar classificada como “Boa”.

A variação da concentração foi grande dentro do período de estudo conforme mostrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Concentração de PTS mensurado na cidade de Bertioga, 2011.

Não há como comparar esses resultados com a região central de Cubatão por ausência de dados de PTS para essa região, pois os dados de PTS disponíveis são coletados pela CETESB na área industrial de Vila Parisi.

Os resultados evidenciaram que no período mensurado a qualidade do ar na região central de Bertioga pôde ser considerada “Boa” com relação a concentração de partículas totais em suspensão, uma vez que não foi constatada nenhuma ultrapassagem do nível de concentração acima do padrão secundário de qualidade de ar, estando em conformidade com os padrões de qualidade de ar indicados pela CETESB.

Embora os dados de PTS da estação Cubatão-Vila Parisi tenha sido utilizado, não há residências fixas no bairro industrial. Os dados obtidos sugerem possível influência na região central de Cubatão, principalmente sobre a população residente nesta área por um período superior a 10 anos.

4.2 Resultados de MP₁₀

A concentração de MP₁₀ foi mensurada no período de 10/01/2011 à 21/03/2011. A Tabela 2 mostra as concentrações diárias obtidas na cidade de Bertioga e as concentrações diárias da estação automática da CETESB Cubatão-Centro.

Tabela 2. Concentração diária de MP₁₀ nos municípios de Bertioga e Cubatão no período de 10 de janeiro a 21 de março de 2011.

DIA	BERTIOGA (µg/m ³)	CUBATÃO (µg/m ³)
10/jan	6,4	sd
12/jan	9,8	sd
14/jan	10,1	sd
17/jan	10,3	sd
19/jan	12,1	44
21/jan	11,9	52
24/jan	10,3	45
26/jan	11	56
28/jan	9,6	50
02/fev	13,1	34
04/fev	25,8	57
11/fev	23,5	47
14/fev	22	43
16/fev	18,4	29
23/fev	17	25
25/fev	19,1	39
28/fev	12,1	17
04/mar	2,8	17
07/mar	28,5	31
09/mar	30,6	25
14/mar	18,1	27
16/mar	15,5	34
18/mar	17,9	56
21/mar	8,4	15
Média	13,70	31
Desvio- Padrão	6,9	13,3

sd = sem dados

De acordo com a Tabela 2, constata-se que a média das concentrações de MP₁₀ em todo o período de estudo em Bertioga foi de 15,2 µg/m³. Em Cubatão a média foi de 31 µg/m³ sendo que ocorreu ausência de dados de 10 a 17 de janeiro de 2011. Assim, considerando o período no qual há dados nos dois locais, a concentração média de Bertioga resultou em 13,7 µg/m³ enquanto que em Cubatão-Centro a média foi de 31 µg/m³, ou seja, aproximadamente o dobro em relação ao município de Bertioga.

Em janeiro, no período de medição, a concentração máxima foi de 12,1µg/m³ na cidade de Bertioga, sendo que em Cubatão a máxima foi de 56 µg/m³. Da mesma forma, no mês de fevereiro, em Bertioga a máxima foi de 25,8 µg/m³ e na cidade de Cubatão a máxima foi de 57 µg/m³. Em março a concentração máxima em Bertioga atingiu o valor de 30,6 µg/m³, abaixo daquela constatada em Cubatão, cujo valor foi de 56 µg/m³. O Gráfico 5 compara as concentrações mensuradas em Bertioga com as observadas em Cubatão. Verificou-se que em todo o período a concentração de MP₁₀ foi maior no município de Cubatão.

Gráfico 5 – Concentração de MP₁₀ nos municípios de Bertioga e Cubatão no período de janeiro a março de 2011

Observou-se que o padrão secundário de qualidade do ar foi ultrapassado na cidade de Cubatão nos dias 21 e 26 de janeiro, 4 de fevereiro e 18 de março. Em

algumas datas, na cidade de Cubatão as concentrações estiveram próximas do limite estabelecido para o padrão secundário, fato este não observado na cidade de Bertioga.

Conforme o Gráfico 6, as médias mensais relativas ao período de amostragem verificadas em Cubatão foram superiores às observadas em Bertioga, indicando concentrações maiores de material particulado respirável em Cubatão.

Gráfico 6 – Médias de concentração de MP₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas cidades de Bertioga e Cubatão, no período considerado, por mês de coleta.

Na cidade de Bertioga, as concentrações foram baixas, não houve ultrapassagem diária dos limites estabelecidos, e, conseqüentemente, as médias mensais também foram inferiores às observadas em Cubatão.

Verificou-se que, no município de Bertioga, as concentrações existentes estão em conformidade com índice estabelecido pela resolução CONAMA, e também em conformidade com os padrões da OMS (WHO;2000,2006).

Observou-se que as concentrações estão bem abaixo do padrão secundário de qualidade do ar na cidade de Bertioga, enquanto que em Cubatão as concentrações estão mais próximas dos limites toleráveis (padrão secundário).

Com relação às partículas respiráveis, o período monitorado apresentou-se com qualidade do ar boa em Bertioga.

4.3 Resultados de Ozônio

A concentração de O₃ foi medida na cidade de Bertioga por um período de seis semanas, de 17/03/2011 a 02/05/2011.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores mensurados do período de coleta, em comparação com os valores apresentados em Cubatão (média do período), cujas concentrações foram obtidas da estação automática Cubatão-Centro (CETESB/Qualar).

Tabela 3 Concentração de ozônio em µg/m³ nas cidades de Bertioga e Cubatão

Coleta	Bertioga I	Bertioga II	Cubatão
Coleta 1	28,81	29,84	40,85
Coleta 2	35,88	36,35	47
Coleta 3	22,92	24,47	40,42
Coleta 4	29,86	29,65	47,75
Coleta 5	40,56	38,92	70,75
Coleta 6	21,59	22,66	41,85
Mediana	29,34	29,75	44,43

Observa-se, pelos resultados, que as concentrações obtidas em Bertioga resultaram em medianas menores do que aquelas verificadas em Cubatão. Praticamente não houve diferença entre os dois locais de coleta de Bertioga. Em Cubatão as concentrações foram sempre mais elevadas. Os períodos de coleta 2 e 5 apresentaram os valores mais elevados de concentração de ozônio nas duas cidades.

Os resultados diários da estação automática de Cubatão-Centro mostraram que, nos dias 24/03 (80 µg/m³), 15/04 (87 µg/m³), 16/04 (100 µg/m³), 21/04 (100 µg/m³), 22/04 (118 µg/m³), 23/04 (157 µg/m³) e 01/05 (91 µg/m³), os níveis de concentração diária ultrapassaram 80 µg/m³, apresentando-se acima do limite estabelecido para o padrão secundário (160 µg/m³). Nestas datas a qualidade do ar variou entre “regular” e “inadequada” neste município. Não se pôde comparar os valores obtidos em Bertioga com os Padrões de Qualidade do Ar, tendo em vista que o período de coleta é diferente

do período padrão. No entanto, como observado acima, a qualidade do ar em Bertiooga se apresentou melhor do que em Cubatão.

4.4 Resultados dos Questionários e Testes Espirométricos

A Figura 22 apresenta os critérios e resultados de inclusão e exclusão no estudo.

Figura 22 - Critérios e resultados de inclusão e exclusão do teste espirométrico por cidade.

Em cada área de estudo foram entregues de forma aleatória 180 questionários.

Para melhor caracterização dos participantes, a distribuição paramétrica foi empregada em cada população.

Efetivamente, após prévia seleção, conforme os critérios de inclusão e exclusão, a amostra de estudo foi composta. O total de participantes nos dois municípios foi de 218 indivíduos de ambos os sexos, cuja média de idade foi 38,69 anos, com média de altura de 167,82 metros e peso corporal médio igual a 73,20 quilos (Kg).

Na cidade de Bertioga, do total de questionários respondidos, 103 foram incluídos no estudo e 77 excluídos. Das exclusões 27 foram devido a idade, 19 pelo tempo de residência no município, 9 não concordaram em realizar o teste, 17 não devolveram o questionário e 5 não conseguiram realizar o teste espirométrico satisfatoriamente.

Em Cubatão, 115 participantes foram incluídos e 65 excluídos. Foram excluídos 14 devido a idade, 9 pelo tempo de residência, 14 não concordaram em realizar o teste, 25 não devolveram o questionário e 3 não conseguiram realizar a espirometria.

Na cidade de Bertioga o número total da amostra foi de 103 indivíduos (Tabela 8), sendo 49 homens (47,6%) e 54 mulheres (52,4%), com média de idade de 39,03 anos, com desvio padrão de 8,01. A idade mínima foi de 29 anos e a máxima de 50 anos. A média de altura foi de 169,33 metros, com desvio padrão de 9,79. A altura mínima foi de 1,47 metros e a máxima de 1,98 metros. Com relação ao peso corporal observou-se nesta amostra uma média de 74,63 Kg, apresentando desvio padrão de 14,6 Kg. O peso mínimo foi igual a 48 Kg e o máximo de 108 kg.

Em Cubatão o total foi de 115 participantes (Tabela 9), sendo 42 homens (36,5%) e 73 mulheres (63,5%), com média de idade de 38,39 anos, desvio padrão de 6,64, variância de 44,14 e erro padrão de 0,62. A idade mínima foi de 29 anos e a máxima de 49 anos. A média de altura foi de 1,66 metros, com desvio padrão de 9,67. A altura mínima foi de 1,48 metros e a máxima de 1,93 metros. Com relação ao peso corporal observou-se que a média foi de 72,67 Kg, apresentando variância de 233,22 e desvio padrão de 15,27. A mínima foi igual a 50 Kg e a máxima de 131 kg.

A Tabela 4 mostra a distribuição da etnia dos funcionários públicos dos dois municípios.

Tabela 4 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a etnia nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Etnia	Bertioga	%	Cubatão	%
Branca	69	67	76	66.1
Indígena	1	1	0	0
Parda	24	23.2	17	14.8
Negra	9	8.8	22	19.1
Total	103	100	115	100

Quanto à etnia da população estudada, houve predomínio da branca nos dois municípios. Em Bertioga a proporção foi de 67% e em Cubatão de 66% de participantes com etnia branca. Dos participantes que responderam ter etnia parda, 23,2 % residiam em Bertioga e 14,8 % em Cubatão. Com relação à etnia negra, observou-se que 8,8% moravam em Bertioga e 19,1 % na cidade de Cubatão. Com etnia indígena constatou-se apenas um participante (1%) na cidade de Bertioga.

Na Tabela 5, observa-se que, em relação ao estado civil, a maior parte foi composta por casados, com 51,5% em Bertioga e 53,9% em Cubatão, seguido de solteiros com 35% no município de Bertioga e 28,7% em Cubatão. Observou-se com relação ao estado divorciado a presença de 11,6% na cidade de Bertioga e de 13,9% no município de Cubatão. O estado civil viúvo, foi de 1,9% em Bertioga e 3,5% em Cubatão.

Tabela 5 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o estado civil nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Estado Civil	Bertioga	%	Cubatão	%
Solteiro	36	35	33	28.7
Casado	53	51.5	62	53.9
Divorciado	12	11.6	16	13.9
Viúvo	2	1.9	4	3.5
Total	103	100	115	100

Observou-se que com relação ao estado civil que a distribuição das amostras foi semelhante nas duas cidades, sendo que mais de cinquenta por cento dos participantes eram casados, seguidas por uma proporção menor de solteiros, divorciados e viúvos respectivamente.

Conforme a Tabela 6, quanto ao nível de escolaridade, verificou-se que em Bertioga 5,8 % dos participantes possuíam o ensino fundamental completo, enquanto que em Cubatão observou-se 1,7%. Com ensino médio incompleto, 6,8% dos participantes eram de Bertioga e 8,7% de Cubatão. Dos participantes que possuíam o ensino médio completo, 24% eram de Bertioga e 28% de Cubatão. Com ensino superior incompleto, em Bertioga foi observado 21 % e em Cubatão 12 % dos participantes. Com formação completa no ensino superior constatou-se 26% da amostra em Bertioga e 31% em Cubatão. Participantes com pós-graduação incompleta constatou-se apenas um participante em Bertioga (1%), e com nível de pós-graduação completa verificou-se 15% na cidade de Bertioga e 18% em Cubatão.

Nos dois municípios houve predominância de participantes com formação de nível superior completo, seguido por nível de escolaridade de ensino médio completo. Houve uma tendência de melhor nível de escolaridade na cidade de Cubatão.

Tabela 6 – Distribuição dos participantes da amostra segundo o nível de escolaridade nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Escolaridade	Bertioga	%	Cubatão	%
Fund. Completo	6	5.8	2	1.7
Médio Incompleto	7	6.8	10	8.7
Médio Completo	25	24	32	28
Superior Incompleto	22	21	14	12
Superior Completo	27	26	36	31
Pós-graduado Inc.	1	1	0	0
Pós-graduado	15	15	21	18
Total	103	100	115	100

Quanto ao nível de renda, houve predominância da faixa salarial de 2 a 3 salários, conforme demonstrado na Tabela 7. Com 1 salário mensal constatou-se 13,9% dos participantes em Bertioga e 22,1% em Cubatão. Em Bertioga, a renda de 2 a 3 salários foi de 33,9% e em Cubatão de 40,2%. Uma renda entre 4 e 5 salários foi constatada em 24,9% dos participantes de Bertioga e em 18,1% dos funcionários de Cubatão. Quanto a faixa salarial compreendida entre 6 e 7 salários por mês, observou-se 16,9% em Bertioga e 10,1% em Cubatão. A renda de 8 a 9 salários foi de 4,7% para os funcionários em Bertioga e de 7,8% em Cubatão. Na cidade de Bertioga, 5,7% dos participantes possuíam uma renda igual ou superior a 10 salários, sendo que em Cubatão observou-se apenas 1,7%.

Com relação a faixa salarial, observou-se que a predominância de 2 a 3 salários mínimos por mês ocorreu nas duas cidades. Nas faixas salariais de 4 a 5, 6 a 7, e de mais de 10 salários mensais houve uma maior proporção de participantes na cidade de Bertioga. Em Cubatão as faixas salariais com maior proporção de participantes foram as de 1 salário e a de 8 a 9 salários.

Tabela 7 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o nível renda, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Renda	Bertioga	%	Cubatão	%
1 salário	14	13.9	25	22.1
2 a 3 salários	35	33.9	46	40.2
4 a 5 salários	26	24.9	21	18.1
6 a 7 salários	17	16.9	12	10.1
8 a 9 salários	5	4.7	9	7.8
Mais de 10 salários	6	5.7	2	1.7
Total	103	100	115	100

Nas Tabelas 08 e 09, observou-se que a faixa etária com maior representatividade em Bertioga e também em Cubatão foi de 29 à 37 anos. Esta

representatividade se deu possivelmente por ser tratar de indivíduos com idade típica de atividade no mercado de trabalho. Constatou-se também, que o maior número de participantes com alterações respiratórias, conforme relato, foi nesta faixa etária.

Quanto ao hábito de fumar, observou-se uma proporção de participantes maior em Bertioga, onde foi constatado que 29,1% eram fumantes, sendo que em Cubatão a proporção de fumantes foi de 18,3%. Nas duas amostras houve predominância do sexo masculino quanto ao hábito de fumar.

Tabela 8 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a idade, gênero, hábito tabágico e presença de alterações respiratórias, no município de Bertioga, 2011.

Idade	Gênero		Fumante		Alteração	
	F	M	F	M	F	M
29-37	26	18	5	8	10	6
38-47	16	22	4	3	8	6
< 48	12	9	4	6	3	2
Subtotal	54	49	13	17	21	14
Total	103		30		35	
%	52.4%	47.6%	24.1%	34.7%	38.9%	28.6%
	100.0%		29.1%		34.0%*	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Quanto à presença de alterações respiratórias, verificou-se que 52,2% dos participantes residiam em Cubatão, e que em Bertioga a presença de alterações respiratórias foi encontrada em 34% dos participantes, constatando-se um predomínio de alterações respiratórias no sexo feminino em Bertioga e do sexo masculino em Cubatão. Estes dados evidenciaram uma frequência maior de alterações respiratórias relatadas na cidade de Cubatão. Esta diferença de alterações respiratórias entre os municípios teve significância estatística ($p = 0,04$) de acordo com o teste de Poisson.

Desta forma foi possível presumir e estabelecer o princípio, que morar na cidade de Bertioiga oferece risco menor de desenvolver doenças do aparelho respiratório, enquanto que a exposição ambiental da cidade de Cubatão pode estar associada à presença de disfunções no pulmão.

Tabela 09 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a idade, gênero, hábito tabágico e presença de alterações respiratórias, no município de Cubatão, 2011.

Idade	Gênero		Fumante		Alteração	
	F	M	F	M	F	M
29-37	41	15	7	4	18	7
38-47	24	19	3	3	13	11
< 48	8	8	3	1	5	6
Subtotal	73	42	13	8	36	24
Total	115		21		60	
%	63,5%	36,5%	17.8%	19.0%	49.3%	57.1%
%	100.0%		18.3%		52.2%*	

Na Tabela 10, quanto ao nível de saúde apresentado por cada indivíduo, observou-se que em Bertioiga 8,7% classificaram sua saúde como excelente, enquanto que em Cubatão a porcentagem foi um pouco inferior, ou seja, 5,2%. Com o nível de saúde muito boa, o índice em Bertioiga foi de 27,1% e em Cubatão foi menor com 13,9%. Quanto ao nível de saúde Boa, em Bertioiga 51,5% referiram esta condição, já em Cubatão o resultado foi de 60,9%. Na condição regular, em Bertioiga 11,6% referiram este estado de saúde, e em Cubatão o índice foi mais elevado, apresentando 18,2% dos participantes. Por fim àqueles que referiram a percepção de seu estado de saúde ruim foi de 0,97% dos participantes e Bertioiga e de 1,7% em Cubatão.

De acordo com o tratamento estatístico, a Correlação de Spearman = 0,9 e o valor de $p = 0,03$, observou-se que o grau de percepção das duas populações quanto ao seu estado de saúde é igual em ambos os municípios não havendo grau de significância para o nível de saúde de acordo com a referencia dos participantes.

Tabela 10 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com a condição de saúde relatada, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Condição de Saúde	Bertioga		Cubatão	
	N	%	N	%
Excelente	9	8,74	6	5,22
Muito boa	28	27,18	16	13,91
Boa	53	51,46	70	60,87
Regular	12	11,65	21	18,26
Ruim	1	0,97	2	1,74
Total	103	100	115	100

Gráfico 7 – Proporção de doenças antecedente nos participantes dos testes espirométricos nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

O Gráfico 7 mostra a proporção da distribuição da presença de doença antecedente. A relação de presença ou ausência de doença antecedente em ambos os municípios foi semelhante. Dos participantes que referiram não possuir doença antecedente observou-se 20% em Cubatão 19,4% em Bertioga. Com relação à presença de doença antecedente constatou-se que em Cubatão a frequência foi 80% e em Bertioga de 80,6% de indivíduos que referiram nunca terem sido acometidos por uma doença respiratória. Não foi constatada relevância estatística quanto à presença de doença antecedente, segundo relato dos participantes.

De acordo com a Tabela 11, quanto ao histórico da presença de doença familiar, observou-se que no Município de Bertioga 54,37% referiram haver doenças respiratórias na família e 45,63% negaram esta possibilidade. Em Cubatão, o índice foi maior, ou seja, a presença de disfunção respiratória na família foi de 62,61%, enquanto que 37,39% relataram não possuir histórico de doenças na família. A análise destes dados não evidenciou significância estatística.

Tabela 11 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato de histórico de presença de doença familiar, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Doença Familiar	Bertioga		Cubatão		p – valor
	N	%	N	%	
Sim	56	54,37	72	62,61	0,15
Não	47	45,63	43	37,39	0,67
Total	103	100	115	100	

Na Tabela 12, quanto à condição ser portador de doença respiratória, em ambos os municípios a maior parte dos entrevistados, responderam não serem portadores de nenhum tipo de disfunção. Assim, em Bertioga 80,58 % dos participantes e em Cubatão 66,96% referiram não possuir doenças. O relato de haver a presença de problema respiratório foi de 19,42% em Bertioga, sendo que em Cubatão obteve-se um número maior de indivíduos portadores de afecções do aparelho respiratório, correspondente a 33,04%. Ser portador de doença respiratória na cidade de Cubatão foi relevante, estatisticamente houve significância conforme a distribuição de Poisson, onde $p < 0,05$.

Tabela 12 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato de ser portador de doença respiratória, segundo os participantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Portador de doença	Bertioga		Cubatão		p- valor
	N	%	N	%	
Sim	20	19,42	38	33,04	0,01*
Não	83	80,58	77	66,96	0,63
Total	103	100	115	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

O número e proporção de participantes que realizaram espirometria, de acordo com a presença de doença respiratória referida pelos participantes no questionário sócio-clínico e de sintomas respiratórios estão representados no Gráfico 8. Observou-se que em ambas as cidades a presença de rinite como uma disfunção comum, havendo 16 casos de rinite em Cubatão e 15 casos em Bertioga. A ocorrência destes casos foi muito semelhante nas duas cidades, porém não houve significância, fato este que se repetiu na presença de asma, bronquite e bronquite asmática. Entretanto, com relação à referência da presença de sinusite constatou-se resultado estatisticamente significativo ($p = 0,004$). Em Cubatão houve 13 casos de sinusite enquanto que em Bertioga somente 1 caso foi referido.

Gráfico 8 – Distribuição dos participantes conforme a presença de doença respiratória referida nos participantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011

Tabela 13 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o relato de número de resfriados por ano, segundo os participantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Qtd de resfriados	Bertioga		Cubatão		p
	N	%	N	%	
0	78	75,73	52	45,22	0,022*
1 a 2	11	10,68	30	26,09	0,025*
3 a 4	7	6,79	18	15,65	0,026*
5 a 6	3	2,92	11	9,56	0,029*
Mais de 7	4	3,88	4	3,48	1,00
Total	103	100	115	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Verificou-se, conforme a Tabela 13, que a maior probabilidade de não ter resfriado foi na cidade de Bertioga ($p = 0,02$) onde se constatou que 75,73% não referiram ser acometidos por resfriado durante o ano. Em Cubatão, a possibilidade é maior, pois o número de participantes que responderam não ter resfriados durante o ano foi de 45,22%. Com relação à presença de poucos resfriados, ou seja, de 1 a 2 por ano ($p = 0,02$) em Bertioga a frequência foi de 10,68%, enquanto que em Cubatão foi de 26,09%. De 3 a 4 resfriados por ano ($p = 0,02$) observou-se 6,79 % em Bertioga e 15,65% em Cubatão. Conforme as referências da população de estudo, de 5 a 6 resfriados ($p = 0,02$) observou-se em Bertioga uma proporção de 2,92% e em Cubatão 9,56%. Novamente, houve significância estatística, pois verificou-se que ter resfriados com frequência de 1 a 6 vezes por ano, é mais provável para o participante que reside no município de Cubatão.

Ter mais de 7 resfriados por ano foi semelhante nas duas cidades, respectivamente evidenciou-se 3,88% em Bertioga e 3,48% em Cubatão, não havendo diferença estatisticamente significativa.

A Tabela 14 mostra a presença de sintomas respiratórios nas populações estudadas. O principal sintoma com diferença significativa foi a presença de tosse sem a presença de resfriado; em Cubatão observou-se 43,5% deste sintoma presente na população estudada, enquanto que em Bertioga verificou-se apenas 27,2%. Com relação à presença de sibilo observou-se respectivamente para Cubatão e Bertioga 27,8% e 33,9%. O sintoma falta de ar foi relatado pelos participantes de Cubatão em 56,5% das respostas enquanto que em Bertioga foi de 44,6%.

Tabela 14 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com os sintomas respiratórios apresentados nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

	BERTIOGA						CUBATÃO					
	Tosse sem resfriado		Sibilo		Falta de ar		Tosse sem resfriado		Sibilo		Falta de ar	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Sim	28	27,18	35	33,98	46	44,66	50	43,48	32	27,8	65	56,52
Não	75	72,82	68	66,02	57	55,34	65	56,52	83	72,2	50	43,48
Total	103	100	103	100	103	100	115	100	115	100	115	100

- Odds Ratio (OR = 2,06; IC 95% = 1,16-3,64) e (p = 0,01)

A presença de tosse sem resfriado teve significância estatística (p=0,01). Este sintoma demonstrou ser mais frequente na cidade de Cubatão (OR = 2,06; IC 95%: 1,16-3,64), onde existe maior risco da população em desenvolver esta irritabilidade no aparelho respiratório, com uma probabilidade de aproximadamente duas vezes mais que em Bertioga. A presença de tosse sem resfriado pode estar associada à disfunção das vias respiratórias indicando uma reação de defesa orgânica em relação à presença de poluentes na cidade de Cubatão.

Quanto aos sintomas respiratórios correlacionados com as vias aéreas superiores, a Tabela 15 mostra que o sintoma coceira no nariz e espirros esteve mais presente nos participantes de Cubatão, onde se observou 73,91% dos casos, enquanto que em Bertioga verificou-se 57,28% de presença. Com relação à presença de lacrimejamento, em Cubatão o número de casos foi inferior, observando-se nesta cidade 46,09% de prevalência, e em Bertioga 51,46%. A presença de sinusite também

foi menor em Cubatão, com 37,4% dos participantes da amostra, quando comparado a Bertioga que apresentou 51,46%.

Tabela 15 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com os sintomas correlacionados com as vias aéreas respiratórias superiores, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

	BERTIOGA						CUBATÃO					
	*Coceira no nariz e espirros		Lacrimejamento		Sinusite		*Coceira no nariz e espirros		Lacrimejamento		Sinusite	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Sim	59	57,28	53	51,46	53	51,46	85	73,91	53	46,09	43	37,40
Não	44	42,72	50	48,54	50	48,54	30	26,09	62	53,91	72	62,60
Total	103	100	103	100	103	100	115	100	115	100	115	100

- Odds Ratio (OR = 2,11; IC 95% = 1,19- 3,73) e (p = 0,01)

O sintoma coceira no nariz teve significância estatística (p = 0,01). O risco de apresentar o sintoma coceira no nariz e espirros na cidade de Cubatão foi maior (OR = 2,11; IC 95%: 1,19 – 3,73). Este sintoma na população de Cubatão por ser mais freqüente pode estar associado a maior concentração de poluentes atmosféricos na região central de Cubatão, principalmente em relação às partículas totais em suspensão.

Quanto à presença de doença pulmonar em fumantes e não fumantes observa-se na Tabela 16, que a taxa de não fumantes sem doenças pulmonares foi similar em ambos os municípios, sendo que Bertioga apresentou 56,31% e Cubatão 55,65%. Na condição de não fumante com doença pulmonar constatou-se em Bertioga uma taxa de 14,56 %, enquanto que em Cubatão o percentual foi maior, equivalente a 26,09%. Com relação ao fumante sem doença pulmonar, em Bertioga observou-se 23,30% e em Cubatão 12,07%. Fumante com doença pulmonar também foi similar em ambos os casos, havendo 5,83% em Bertioga e 6,09% em Cubatão.

Observou-se que os participantes não fumantes com doença pulmonar mostraram importante relevância estatística (p=0,002). Este fato evidencia a possibilidade de indivíduos sem histórico de doenças respiratórias e que não possuem o hábito tabágico de desenvolverem disfunções do aparelho respiratório em função da

exposição constante a uma concentração inadequada de poluentes atmosféricos na cidade de Cubatão.

Tabela 16 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com o número de presença de doença pulmonar em fumantes e não fumantes, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Presença de doença pulmonar	Bertioga		Cubatão		p - valor
	N	%	N	%	
Não Fumante sem doença pulmonar	58	56,31	64	55,65	0,58
Não Fumante com doença pulmonar	15	14,56	30	26,09	0,002*
Fumante sem doença pulmonar	24	23,30	14	12,17	0,10
Fumante com doença pulmonar	6	05,83	7	06,09	0,78
Total	103	100	115	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Ressalta-se ainda, que na análise estatística não foi constatada interferência da variável tabagismo, ou seja, tanto em Cubatão (OR = 1,06; IC 95%: 0,39-2,91 e $p = 0,89$) quanto em Bertioga (OR = 0,96; IC 95%: 0,33-2,78 e $p = 0,83$) o hábito de fumar é prejudicial à saúde, independentemente da qualidade do ar atmosférico. Porém, não houve diretamente interferência do hábito de fumar com relação a presença das doenças na população estudada.

Na Tabela 17, com relação ao número e proporção de participantes que realizaram a espirometria, de acordo com os resultados dos testes espirométricos, observou-se que em Cubatão 47,83% dos testes foram considerados normais, enquanto, que em Bertioga a porcentagem de testes normais foi maior, ou seja, 66,99% das espirometrias.

Quanto à presença de disfunções espirométricas, constatou-se que o quadro de obstrução leve teve significância ($p < 0,05$) para a amostra de Cubatão, com maior presença desta disfunção, apresentando um percentual de 7,82 %, sendo que em Bertioga foi de 0,97% de alterações obstrutivas leves. Também houve significância ($p < 0,05$) nas disfunções por restrição moderada para os participantes de Cubatão. Estas disfunções foram constatadas em 0,97% dos participantes de Bertioga e esteve presente

na amostra de Cubatão em 11,3% dos testes aplicados. Outra disfunção significativa foi a mista leve ($p < 0,05$), novamente os participantes de Cubatão apresentaram maior proporção, constatando-se 3,47%, sendo que em Bertioga não houve nenhum caso.

Tabela 17 – Distribuição dos participantes de acordo com o resultado dos testes espirométricos nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Resultado do teste	Bertioga		Cubatão		p
	N	%	N	%	
Normal	69	66,99	55	47,83	0,20
Obstrução leve	1	00,97	9	07,82	0,007*
Obstrução moderada	1	00,97	6	05,21	0,05
Obstrução grave	14	13,59	8	06,95	0,20
Restrição leve	7	06,79	12	10,47	0,25
Restrição moderada	1	00,97	13	11,30	0,004*
Restrição grave	2	01,94	3	02,60	0,65
Mista leve	0	0	4	03,47	0,03*
Mista moderada	0	0	0	0	1,00
Mista grave	8	07,76	5	04,35	0,41
Total	103	100	115	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Na Tabela 18, quanto a gravidade dos resultados dos testes espirométricos e o número de casos de disfunções observadas, verificou-se em Bertioga 40% de participantes com disfunções graves e 31,4% com disfunção moderadamente grave. Houve um predomínio destas graduações de disfunção nesta cidade, fato este justificado pela presença maior de fumantes nesta amostra, bem como de participantes com a existência de doença respiratórias prévia. Por último, outra situação observada foi o grau de obesidade de alguns dos participantes, que também pode ter influenciado nos resultados dos testes espirométricos.

Na cidade de Cubatão observou-se uma predominância de disfunções leves com 40% dos casos e de disfunções moderadas com 31,7%. O número total de casos de

disfunções foi maior em Cubatão, perfazendo 60 casos, enquanto, que em Bertioga houve 35 casos. Este fato pode indicar a possibilidade de associação com efeitos acumulativos da exposição à poluição atmosférica uma vez que a referência de doença pré-existente e do uso do fumo foi menor nos participantes contidos nestes grupos de disfunções.

Tabela 18 – Distribuição dos participantes de acordo com a gravidade dos resultados dos testes espirométricos e o número de casos existentes, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Gravidade	Diagnóstico	Bertioga	Cubatão	Bertioga	Cubatão
		casos	casos	%	%
Muito grave	OMUG	3	2	8.6%	3.3%
Grave	RG	2	3	5.7%	5.0%
Grave	OG	6	6	17.1%	10.0%
Grave	ORG	3	4	8.6%	6.7%
Subtotal		14	15	40.0%	25.0%
Moderadamente grave	RMG	2	0	5.7%	0.0%
Moderadamente grave	OMG	4	1	11.4%	1.7%
Moderadamente grave	ORMG	5	1	14.3%	1.7%
Subtotal		11	2	31.4%	3.3%
Moderada	RM	1	13	2.9%	21.7%
Moderada	OM	1	6	2.9%	10.0%
Subtotal		2	19	5.7%	31.7%
Leve	RL	7	10	20.0%	16.7%
Leve	OL	1	10	2.9%	16.7%
Leve	ORL	0	4	0.0%	6.7%
Subtotal		8	24	22.9%	40.0%
Todas	Total	35	60	100.0%	100.0%

A Tabela 19 sintetiza os achados decorrentes dos testes espirométricos, considerando os tipos de distúrbios respiratórios e o grau de normalidade da função respiratória. De acordo com os resultados dos testes espirométricos, os resultados evidenciados foram distribuídos em subgrupos para possibilitar uma melhor análise.

Com relação aos distúrbios ventilatórios identificados nos testes espirométricos, em Bertioga prevaleceram as doenças obstrutivas (DVO) com 15,53% dos

participantes, seguidas pelas disfunções restritivas (DVR) com 9,7% e por ultimo as disfunções mistas (DVM) com 7,8%. Entretanto em Cubatão observou-se uma predominância maior de disfunções, constatando-se maior frequência de distúrbios restritivos com 24,35%, seguido de distúrbios obstrutivos com 20% e consecutivamente por distúrbios mistos com 7,8%.

Tabela 19 – Distribuição da amostra de acordo com o número de distúrbios ventilatórios identificados nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Resultado	Bertioga		Cubatão		p - valor
	N	%	N	%	
Normal	69	66,99	55	47,83	0,20
DVO	16	15,53	23	20,00	0,26
DVR	10	09,71	28	24,35	0,002*
DVM	8	07,77	9	07,82	0,81
Total	103	100	115	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Constatou-se que houve significância estatística na presença de DVR ($p < 0,05$) no município de Cubatão. Este desfecho pode estar associado à presença de ozônio e material particulado na atmosfera que podem desencadear alterações da função respiratória, sendo estes distúrbios detectáveis por meio dos testes espirométricos.

Na Tabela 20, quanto ao número e proporção de participantes que realizaram o teste espirométrico, de acordo com a presença de alterações espirométricas em fumantes e não fumantes verificou-se que os participantes não fumantes sem alteração da função respiratória representaram 55,3% dos participantes em Bertioga e 40% em Cubatão. A condição não fumante com alteração no teste espirométrico foi de 14,5% em Bertioga e de 41,7% em Cubatão. Com relação à condição fumante, sem alteração espirométrica, obteve-se um percentual de 10,68% em Bertioga e de 7,8% em Cubatão. Finalizando, constatou-se que a variável fumantes com alteração apresentou 19,42% em Bertioga e 10,4% em Cubatão.

Tabela 20 – Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes de acordo com o resultado normal ou alterado dos testes espirométricos, nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Fumantes e não fumantes conforme resultado do teste espirométrico	Bertioga		Cubatão	
	N	%	N	%
Não fumante sem alteração no teste	57	55,34	46	40
Não fumante com alteração no teste	15	14,56	48	41,74
Fumante sem alteração no teste	11	10,68	9	07,83
Fumante com alteração no teste	20	19,42	12	10,43
Total	103	100	115	100

- Odds Ratio (OR = 6,9; IC 95% = 2,72-17,51) e (p = 0,01)

A análise estatística aplicada para duas amostras independentes, fumantes e não fumantes da mesma cidade, utilizando o método de Odds Ratio, mostrou significância estatística no hábito de fumar com a presença de distúrbios da função respiratória na cidade de Bertioga, havendo assim uma associação da presença de disfunção da função respiratória com o hábito tabágico, sendo provável que os fumantes deste município apresentaram um risco de até sete vezes mais em apresentar alterações respiratórias do que os não fumantes (OR = 6,9; IC 95%: 2,72 -17,51 e valor de $p = 0,001$).

Na cidade de Cubatão não houve significância do tabagismo com as alterações das disfunções respiratórias verificadas por meio dos testes espirométricos. Constatou-se que, embora haja casos de alterações da função respiratória, o fumo não é a causa principal, e que mesmo aqueles que não são fumantes estão sendo acometidos por um decréscimo da função pulmonar sem causa evidentemente determinada (OR = 1,27; IC 95%: 0,49-3,31 e valor de $p = 0,79$).

O Gráfico 9 destaca a diferença entre não fumantes com alteração da função respiratória em ambas as cidades. Existe uma grande discrepância, uma vez que em Cubatão o número de participantes não fumantes que apresentaram disfunção respiratória foi superior a 50%, em relação a Bertioga.

Gráfico 9 – Distribuição dos participantes da amostra de acordo com alterações da função respiratória em fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

O Gráfico 10 demonstra de uma forma geral a distribuição entre os municípios dos resultados de alterações nos testes espirométricos, verificando-se que o número de casos relacionados com alterações da função respiratória foi maior no município de Cubatão, prevalecendo o resultado relativo a normalidade em Bertioga.

Gráfico 10 – Proporção de alteração nos valores dos testes espirométricos dos participantes fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Tabela 21 – Distribuição dos participantes não fumantes que realizaram o teste espirométrico e apresentaram disfunção respiratória nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

Distúrbio ventilatório	Bertioga		Cubatão		p - valor
	N	%	N	%	
Doença presente	7	33,33	15	30,61	0,08
Obesidade sem doença	8	38,10	2	04,08	0,05
Sem causa evidente	6	28,57	32	65,31	0,001*
Total	21	100	49	100	

* $p < 0,05$ (p – valor derivado da distribuição de Poisson)

Quanto à Tabela 21, com relação aos participantes não fumantes que realizaram a espirometria e apresentaram disfunção respiratória, constatou-se que aqueles que não eram fumantes apresentavam três possibilidades para justificar o distúrbio respiratório.

Na evidência de doença presente, conforme relatado no questionário de sintomas respiratórios, em Bertioga 33,3% dos participantes com teste alterado era decorrente de uma doença já existente. Em Cubatão verificou-se 30,6% de alterações por doença presente.

A questão da presença de obesidade teve que ser considerada, uma vez que em Bertioga 38,1% das alterações espirométricas dos participantes não fumantes estava correlacionada com este fator. Na cidade de Cubatão verificou-se apenas 4,1% de participantes com a mesma característica.

No entanto, os distúrbios ventilatórios sem causa evidente foram acentuadamente observados em Cubatão, ou seja, observou-se que 65,3% dos participantes não fumantes apresentaram alteração da função respiratória sem evidência de doença pré-existente ou sem influência do fator obesidade. Em Bertioga foi observado 28,6% de presença de disfunção sem causa evidente.

A presença de distúrbios sem causa evidente estatisticamente teve alta significância ($p < 0,05$). A falta de evidência para as alterações da função respiratória analisada nos testes de espirometria, pode ser um bom indicativo para a ação dos poluentes atmosféricos sobre a saúde humana.

Tabela 22 – Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes sem doença prévia que realizaram o teste espirométrico no município de Cubatão, 2011.

Testes	DVR	%	DVO	%	DVM	%	Normal	%	Total	%
Não fumantes	17	85	10	83,33	5	83,33	33	82,5	65	83,33
Fumantes	3	15	2	16,67	1	16,67	7	17,5	13	16,67
Total	20	100	12	100	6	100	40	100	78	100

Tabela 23 – Distribuição dos participantes fumantes e não fumantes sem doença prévia que realizaram o teste espirométrico no município de Bertioga, 2011.

Teste	DVR	%	DVO	%	DVM	%	Normal	%	Total	%
Não fumantes	3	33,33	4	44,44	1	12,5	45	80,36	53	64,63
Fumantes	6	66,67	5	55,56	7	87,5	11	19,64	29	35,37
Total	9	100	9	100	8	100	56	100	82	100

Nas tabelas 22 e 23, quanto ao número e proporção de participantes fumantes e não fumantes sem doença prévia que realizaram a espirometria, destaca-se o número de participantes não fumantes que apresentaram disfunções ventilatórias no município de Cubatão (Tabela 22), ao todo foram 32 casos. Em Bertioga (Tabela 23) o número de casos foi inferior, ou seja, 8 casos.

Em Cubatão verificou-se que houve predominância do DVR (17 casos), seguido por DVO (10 casos) e por DVM (5 casos). Em Bertioga houve poucos registros de disfunções respiratórias sem doença prévia, com DVR (3 casos), DVO (4 casos) e DVM (1 caso).

Com relação aos fumantes sem doença respiratória presente, mas que apresentaram alteração no teste, não houve significância. Em Bertioga o número de casos foi maior, no entanto, o número de participantes fumantes também foi maior na amostra de Bertioga.

O teste de Mann Whitney foi aplicado para comparar os não fumantes e fumantes das duas populações estudadas.

A análise estatística foi significativa ao comparar os não fumantes das duas cidades ($p=0,04$), evidenciando que existe diferença entre não ser fumante, não possuir

nenhuma doença respiratória e morar em Cubatão, pois mesmo com um estado de saúde supostamente normal, os testes mostraram acometimentos da função pulmonar que podem gradativamente se agravarem e evoluírem para doenças respiratórias.

Com relação aos fumantes sem doença prévia, porém com alterações da função pulmonar, não houve significância estatística ($p=0,38$), ou seja, independentemente do local onde se reside, o hábito de fumar é prejudicial à saúde do aparelho respiratório.

5 - DISCUSSÃO

A qualidade do ar na cidade de Cubatão sempre foi tema para discussão, em razão da atividade industrial local, do grande tráfego de caminhões e devido ao histórico da região.

Embora na atualidade as concentrações mensuradas demonstrem que houve redução da emissão de poluentes em relação às décadas passadas, quando a situação ambiental foi considerada crítica em relação ao controle sobre as fontes de emissão, observa-se ainda hoje, que as concentrações em Cubatão ainda podem oferecer risco à saúde, despertando grande preocupação quanto aos níveis de poluentes encontrados na cidade, principalmente quando se constata ultrapassagens dos limites recomendados pela OMS (WHO, 2006).

As estações automáticas da CETESB (Cubatão-Centro), Vila Parisi e Vale do Mogi) monitorizam continuamente as concentrações de poluentes na região de Cubatão. Ultrapassagens constantes dos níveis recomendados (CONAMA) são observadas para alguns poluentes nas áreas industriais, como PTS, PM₁₀ e O₃. O padrão secundário geralmente é ultrapassado, e por meio do índice de qualidade do ar observam-se situações onde a qualidade apresenta-se regular, inadequada, má e algumas vezes péssima. Estes dados podem ser obtidos diariamente por meio do sistema QUALAR da CETESB, que gera informações atualizadas sobre a concentração de poluentes na atmosfera. Neste estudo foram utilizadas informações obtidas por meio deste sistema.

Nos últimos anos, conforme o Gráfico 2, na região central de Cubatão as médias anuais de concentração de MP₁₀ apresentaram uma representatividade maior de boa qualidade do ar, porém estiveram presentes em menor proporção concentrações com índices inferiores de qualidade durante todo o período analisado. Atualmente verifica-se que estas ultrapassagens diárias do padrão secundário ainda ocorrem, evidenciando que pode haver exposição da população a determinadas concentrações que em longo prazo pode ser relevante para a saúde. O PTS, historicamente apresenta altas concentrações anuais e diárias, com freqüentes ultrapassagens do padrão secundário, bem como do padrão primário, podendo exercer ação sobre a saúde da população

(Gráfico 1). Com relação ao O₃, no Gráfico 3, pode-se verificar que a qualidade do ar na região central em um período de 10 anos, variou muito nas condições regular, inadequada e má, sendo que níveis elevados de ozônio foram constatados na primeira década de 2000.

Com base nas informações e dados obtidos nesta pesquisa, o oposto foi verificado na cidade de Bertioiga, ou seja, observou-se que a qualidade do ar pode ser considerada boa, pois por meio da amostragem realizada de PTS, MP₁₀ e O₃, não houve concentrações acima dos níveis estabelecidos pelo CONAMA ou acima daqueles recomendados pela OMS (WHO, 2000: WHO, 2006). Apesar do período curto dessas medições é possível extrapolá-los em função das características da região e das fontes de poluição locais. As concentrações medidas foram baixas, para o PTS a média foi de 26µg/m³; com relação ao PM₁₀ a concentração média foi de 15,18µg/m³ e o O₃ apresentou concentração média de 30,02µg/m³. O período de amostragem foi de outubro a março, período este que há condições favoráveis à dispersão para particulados, porém com tendência de aumento para o ozônio.

Na região da Baixada Santista, no mês de novembro e dezembro, a constância de chuva e tempo nublado foi grande, podendo justificar uma concentração menor de PTS no ar atmosférico. No entanto, o mesmo quadro climático foi apresentado em Cubatão, e, como as duas cidades estão próximas, nesta, provavelmente, também houve interferência com redução das concentrações obtidas. Desta forma a tendência foi a mesma em ambos os municípios, fato este que permitiu analisar a diferença de concentração entre as duas cidades.

Ao efetuar a caracterização da concentração de MP₁₀ em Bertioiga, observou-se que a média de concentração deste poluente foi baixa, ou seja, foi de 13,7 µg/m³. Em Cubatão a média observada no mesmo período foi de 31 µg/m³, constatando-se que mesmo quando a concentração está dentro dos níveis recomendados, a média tende a ser mais alta, mais que o dobro em relação à Bertioiga onde houve a medição.

Com relação à concentração de PTS em Bertioiga, constatou-se uma boa qualidade do ar no período do estudo, nos pontos de coleta que supostamente são os locais de maior probabilidade de concentração de poluentes atmosféricos na cidade. O resultado obtido mostrou que os níveis de PTS estão em conformidade com aqueles estabelecidos pelo CONAMA. Não foi possível efetuar uma comparação com as concentrações obtidas em Bertioiga no período de amostragem deste estudo, tendo em

vista, a inexistência da mensuração de PTS pela CETESB na estação Cubatão-Centro. No entanto, as ultrapassagens anuais e diárias podem ser observadas na estação da CETESB Vila Parisi. Neste caso ultrapassagens do padrão secundário e também do padrão primário foram observadas, com possível repercussão na saúde da população que esteja mais próxima ou transite por essa região. Estudo realizado por Azevedo et. al (2006), a respeito da embriogênese de ovos de galinha, com relação à exposição à PTS, mostrou que a taxa de mortalidade dos ovos expostos em Cubatão foram as maiores (41,7%), em relação a Araraquara (37,5%) e a São Paulo (9,1%), na dose de 0,3 µg/L ($p < 0,05$). A concentração elevada de PTS em Cubatão interferiu no desenvolvimento embrionário e também na maior mortalidade e na menor média de peso. Baseado nestas evidências, alterações sobre o organismo humano, principalmente as respiratórias, podem estar presentes na população local, uma vez que a concentração é elevada para este poluente. Como não existem dados concretos sobre o PTS para a região central da cidade, não foi possível efetuar uma associação direta deste poluente com as disfunções presentes nos participantes desta cidade.

Quanto ao ozônio, em Bertioga, não foram constatadas ultrapassagens das concentrações acima dos níveis recomendados pelo CONAMA. Conforme observação das concentrações medidas verificou-se que a qualidade do ar esteve boa nesta cidade. A concentração média foi de aproximadamente 29µg/m³ na Avenida Anchieta e no Parque do Forte, enquanto que em Cubatão foi 43,4µg/m³. Em Cubatão, ela se mostrou diferente, com concentrações que determinaram variações na qualidade do ar, nas condições “boa”, “regular” e “inadequada”.

De acordo com a análise dos resultados obtidos nas medições de concentração de PTS, MP₁₀ e O₃, constatou-se que a qualidade do ar na cidade de Bertioga foi melhor que a de Cubatão, durante o período em que foram efetuados os procedimentos de medida de concentração destes poluentes.

Em Cubatão, observou-se que ao longo do tempo ocorreram variações nas concentrações de MP₁₀ e O₃ que mantiveram a qualidade do ar na condição regular ou inadequada. Nos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, o índice de qualidade do ar registrou um número de ultrapassagens que podem ser comparadas com o padrão atual.

O MP₁₀ em 2007 apresentou 65 vezes a condição regular e 1 inadequada. Em 2008, foram 42 registros de situação regular. No ano de 2009 apresentou 21 vezes a condição regular e 47 vezes a situação regular em 2010. No caso do O₃, observou-se

101 condições regulares e 1 condição inadequada em 2007. No ano seguinte foram 74 situações de regular, 4 condições de qualidade má e 1 condição péssima. Em 2009, registrou-se 92 vezes o nível regular e 8 vezes o péssimo, e em 2010, observou-se 171 vezes regular, 13 vezes irregular e nove vezes na condição má.

Mediante os registros de qualidade do ar apresentados, e pela caracterização de concentração de O₃, PM₁₀ e PTS efetuada neste estudo, supõe-se que ao longo do tempo, no município de Cubatão as concentrações de poluentes foram sempre maiores que na cidade de Bertioga.

Ressalta-se que em decorrência da periodicidade antagônica do O₃ e do MP₁₀, praticamente durante quase todos os anos, em Cubatão, a população ficou exposta a pequenas concentrações de poluentes atmosféricos. Em Bertioga, não houve exposição da população a poluição atmosférica, pois os resultados deste estudo mostraram que atualmente os níveis de concentração de poluentes estão baixos e de acordo com os padrões estabelecidos tanto pelo CONAMA, quanto pela OMS. Como não existe histórico de poluição atmosférica no município e em conformidade com as medidas obtidas nesta pesquisa, pode-se dizer que a qualidade do ar neste município sempre esteve boa.

De acordo com a caracterização das condições atmosféricas correlacionadas com a qualidade do ar nas duas cidades, foi possível comparar a presença de sintomas respiratórios em indivíduos adultos, doenças e disfunção da função pulmonar, estabelecendo-se para a cidade de Bertioga a condição de grupo controle em relação à cidade de Cubatão.

Em Cubatão, quando o índice de qualidade do ar não indicava a condição boa, a exposição à poluição atmosférica ocorreu com concentrações que ultrapassaram os níveis determinados pelo CONAMA (1990), ou em níveis que ficaram muito próximo dos limites em que a qualidade do ar varia entre boa e regular. Na verdade, se fosse aplicado os níveis de concentração recomendado pela OMS (WHO, 2006) para este mesmo período, a possibilidade de danos à saúde seria ainda maior. Neste sentido, estudos realizados por Saldiva e colaboradores (1995) indicam que não existem níveis seguros de concentração de poluentes para a saúde humana, e que novos limites devem ser estabelecidos no Brasil. Esta variação no nível de concentração de poluentes em Cubatão próxima dos limites estabelecidos pelo CONAMA, mais a recomendação da OMS para redução dos níveis de concentração, sugerem que a qualidade do ar neste

município oferece riscos a saúde da população e supõem a possibilidade de efeitos sobre a função pulmonar em longo prazo.

Na população adulta a percepção orgânica da variação de concentração de poluentes no ar atmosférico é menor, quando comparados com grupos menos susceptíveis, como indivíduos portadores de doenças respiratórias e indivíduos dos grupos de extremo de idade. No entanto, após os 30 anos de idade quando o processo de degradação fisiológica (senescência) inicia-se, o organismo fica mais susceptível e mais sensível aos efeitos acumulativos, podendo desenvolver disfunções respiratórias sem causa específica (GUCCIONE, 2000).

Neste estudo, observou-se que adultos sem história de doença prévia e sem causas evidentes que pudessem comprovar a diminuição da função pulmonar, apresentaram distúrbio ventilatório, provavelmente em função da exposição prolongada a poluição. O distúrbio ventilatório sem causa evidente teve alta significância estatística ($p < 0,05$), principalmente nos indivíduos não fumantes e de faixa etária mais elevada. Proporcionalmente a presença de distúrbios foi de 65,31% em Cubatão e de 28,57% em Bertioga. Para confirmar esta condição foram desconsiderados todos os participantes com presença de doença prévia, com obesidade e hábito tabágico, fatores estes que poderiam interferir nos resultados. Assim constatou-se que estes portadores de alteração da função respiratória não apresentaram nenhum tipo de evidência que pudesse justificar as alterações observadas nos testes espirométricos. Este fato corrobora com a afirmação de Castro, Gouveia e Escamila-Cejudo (2003), cujos pesquisadores, citam que as alterações da função respiratória e as doenças do aparelho respiratório inferior podem estar associadas à somatória de diversas exposições, havendo o efeito acumulativo sobre as vias respiratórias.

Em Cubatão, segundo este estudo, a exposição da população a concentrações de longo prazo podem ser relevantes para a saúde. Estas formas crônicas de exposição, segundo Ribeiro e Assunção (2002), podem ser a gênese de doenças crônicas em longo prazo. A presença de decréscimo da função pulmonar e de doenças respiratórias foi encontrada nos participantes de Cubatão. Ser portador de doença respiratória em Cubatão foi significativo ($p < 0,01$), ou seja, constatou-se que morar nesta cidade é um fator favorável para desenvolver estas doenças. Em Cubatão 33,04% dos participantes relataram possuir alguma doença respiratória, enquanto que em Bertioga a proporção

foi de 19,42 %. A maioria destes indivíduos não tinha associação com histórico de doença familiar e ou doença pré-existente, sendo estas variáveis de estudo equivalentes nas duas amostras. A presença de doença respiratória como bronquite, asma, bronquiolite, diminuição da função pulmonar foram relatadas, estando em conformidade com Gimour (2001) que associou estas doenças com a exposição de PM₁₀, bem como com Cavalcante e Bruin (2009), que também associaram estas disfunções com o ozônio em seus estudos.

A proporção de participantes que possuíam alterações respiratórias foi maior em Cubatão, com 52,2%, enquanto que em Bertioga verificou-se 34% de alterações. Ressalta-se que em conformidade com os resultados obtidos, que viver em Bertioga ofereceu um menor risco de desenvolver doença respiratória, enquanto que morar em Cubatão ofereceu maior possibilidade de adoecimento em função da exposição aos poluentes atmosféricos. Esta diferença teve significância estatística ($p < 0,05$). A possibilidade de interferência do tabagismo foi pequena, uma vez que a proporção de fumantes em Cubatão foi de 18,3% e em Bertioga de 29,1% dos participantes. Esta possibilidade pode ser ainda mais minimizada, ao verificar que a taxa de fumantes sem doença pulmonar foi de 12,17% na cidade de Cubatão, indicando assim, que somente aproximadamente 6% dos fumantes possuíam doença respiratória.

Mesmo havendo maior número de ocorrências de doenças respiratórias em Cubatão, verificou-se que não há a percepção da diferença do nível de saúde para as duas populações estudadas. Por meio do teste estatístico (Correlação de Spearman = 0,9 e valor de $p < 0,03$ para ausência de percepção), constatou-se que as duas populações possuem a mesma percepção quanto ao grau de saúde existente. Mesmo existindo alteração da função respiratória, os participantes de Cubatão ainda não possuem consciência da disfunção, principalmente os indivíduos não fumantes, no entanto os resultados espirométricos evidenciaram estas alterações ainda não percebidas. Como o maior número de alterações da função respiratória foram encontradas neste município, ressalta-se a necessidade de medidas de saúde pública que possam tomar atitudes de prevenção primária com foco na saúde do aparelho respiratório.

No Gráfico 11 são apresentadas as doenças relatadas pelos participantes do estudo. A sinusite foi a doença com maior prevalência em Cubatão. A proporção de

participantes acometidos foi muito maior quando comparada com a amostra de Bertioga. Conforme este estudo, a presença da sinusite possui forte vínculo com a irritabilidade e a inflamação das vias aéreas superiores, havendo forte associação com a exposição humana ao PTS e ao MP₁₀. A rinite embora tenha prevalência levemente maior em Cubatão pode ser associada com a presença de PTS e de MP₁₀. Em Bertioga não foi identificada uma associação específica, porque a qualidade do ar esteve na condição “boa” em todo o período de estudo, assim, a presença de rinite em Bertioga pode estar associada a distúrbios alérgicos de outras origens, como por exemplo, do pólen encontrado em abundância no ar atmosférico em decorrência da vasta vegetação na região.

Outros estudos corroboraram com esta pesquisa, ao identificarem a presença da rinite e da sinusite como alterações que acometem as vias aéreas superiores, dentre eles podemos citar o estudo de Silva (2010), Cançado et. al (2006) e o de Desalu, Adekoya e Ampitan (2010) que também citaram a ocorrência destes sintomas na presença de PTS e MP₁₀. Ribeiro (1971) observou associação do material particulado com infecções e disfunções das vias aéreas superiores e com a presença de bronquite asmática.

Gráfico 11 – Distribuição das doenças referidas pelos participantes que realizaram o teste espirométrico nas cidades de Cubatão e Bertioga.

Em relação à faixa etária, constatou-se que àquela que mais apresentou alterações respiratórias em Bertioga foi a de 29 a 37 anos, sendo o gênero feminino (38,9%) o mais acometido. Em Cubatão a faixa etária com maior prevalência de disfunções foi a de 38 a 47 anos, fato este que segundo Guccione (2006) pode estar associado com a questão da senilidade, isto é, pré-disposição fisiológica para desenvolvimento de doenças, principalmente por exposição ambiental. A presença maior de alteração em Cubatão foi com relação ao gênero masculino. Na literatura não foram encontrados relatos específicos quanto a predisposição de doença por exposição a poluentes atmosféricos com relação ao gênero.

A quantidade de resfriados verificada por ano teve maior representatividade em Cubatão, onde os participantes do estudo relataram uma frequência maior de resfriados. A faixa de 1 a 2 resfriados por ano foi a de maior incidência nos dois municípios, porém com relevância em Cubatão, em decorrência da proporção de relatos. De acordo com Park, Kim e Lee (2009) a presença de ozônio e de particulados na árvore brônquica pode induzir a modificações que levam a uma reação oxidativa causando reações imunológicas, decréscimo da resistência orgânica e maior suscetibilidade a estados gripais. Neste estudo constatou-se que, ao se comparar os dois municípios, a tendência de desenvolver gripe foi menor em Bertioga, provavelmente devido à melhor qualidade do ar.

O sintoma tosse sem resfriado teve significância estatística para os participantes de Cubatão (OR = 2,06; IC 95%: 1,16-3,64 e $p < 0,01$). De acordo com o resultado estatístico, morar em Cubatão aumenta a probabilidade de ter tosse sem resfriado, fato este associado diretamente com a qualidade do ar deste município. Ao analisar estes resultados, é possível estabelecer bases de fundamentação para afirmar que houve neste estudo a constatação deste sintoma em razão da presença de O₃ e de PM₁₀. Em concordância com esta afirmativa, Braga (2002), refere que quando o material particulado entra em contato com o aparelho respiratório, ocorre a ativação do sistema ou mecanismo de defesa, ou seja, há a presença de tosse e espirro para retirar a substância do organismo. Na presença de irritabilidade do aparelho respiratório inferior esse mecanismo é inconscientemente acionado.

A presença de coceira no nariz e espirros, também teve relevância estatística ($p < 0,01$), apresentando uma frequência de 73,9% em Cubatão. Estes sintomas podem estar relacionados com PTS, MP_{10} e O_3 , produzindo uma hiper-reatividade inflamatória nas vias aéreas superiores. Segundo a CETESB (2011), a coceira no nariz e os espirros são mecanismos de defesa que são ativados na presença de impurezas, como PTS e PM_{10} . Neste estudo houve associação da exposição a estes poluentes, segundo os resultados verificou-se que morar em Cubatão aumenta em até duas vezes mais a chance de um indivíduo apresentar espirros e coceira no nariz (OR = 2,11; IC 95%: 1,19 – 3,73).

Constatou-se que em Cubatão, o número de resfriados, a presença de coceira no nariz e espirros foi maior, provavelmente em razão da maior degradação da qualidade do ar na região central, mostrando associação das concentrações existentes com os sintomas presentes. De acordo com Böhm (1989), estes poluentes podem produzir lesões nas vias aéreas superiores e conseqüentemente tosse seca, espirros, coceira no nariz, sinusite dentre outros sintomas. Para Shumway, Azari e Pawittan (1988) a relação da exposição à PTS e a outros poluentes, além de sintomas das vias aéreas superiores, pode ter também uma forte associação com os índices de mortalidade.

A presença de tosse seca e espirros e coceira no nariz, que apresentaram significância nesta pesquisa, está de acordo com estudo realizado por Silva (2010) que constatou um aumento dos sintomas respiratórios em associação com particulados, destacando entre os sintomas a tosse, a coriza, os espirros e o lacrimejamento. Imai et al. (1985) verificaram em um estudo de revisão literária no Japão, que episódios de *smog* se relacionavam com três grupos de sintomas, o primeiro com irritação ocular, lacrimejamento, dispnéia e cefaléia; o segundo com dor de garganta, fadiga, desconforto e percepção de odores estranhos e o terceiro com tosse, expectoração, congestão nasal e rinorréia. Sintomas citados por Imai et al., também foram encontrados em maior proporção nos participantes que residiam em Cubatão, provavelmente pela presença do ozônio em níveis mais elevados no ar atmosférico.

A presença de doenças pulmonares em fumantes e não fumantes apresentou significância estatística para os não fumantes ($p < 0,002$). Esta associação evidencia que indivíduos não fumantes e sem histórico de doenças pulmonares em Cubatão são mais acometidos que em Bertioga, com chance de aproximadamente 27% a mais de

apresentar disfunção pulmonar em função da exposição contínua a poluentes atmosféricos (OR=1,27; IC de 95% = 0,49-3,31 e $p=0,79$). Os não fumantes sem doença pulmonar, os fumantes sem doença pulmonar e os fumantes com doença pulmonar, não apresentaram grau de significância quanto a presença de doenças e disfunção respiratória. Embora, o ato de fumar seja prejudicial à saúde (BOEIRA, 2003), a análise estatística não mostrou interferência significativa da variável fumante nos resultados espirométricos.

Assim, pode-se dizer que fumar em Cubatão (OR=1,06; IC de 95% = 0,39-2,91 e $p>0,05$) é tão prejudicial a saúde quanto fumar em Bertioga (OR=0,96; IC de 95% = 0,33-2,78 e $p>0,05$), uma vez que o efeito do cigarro sobre o pulmão não depende diretamente de outros fatores para produzir redução da função respiratória e conseqüentemente malefícios a saúde. Ser fumante ou não fumante nas duas cidades e ter doença pulmonar foram semelhantes. O percentual de fumantes sem doença pulmonar foi maior em Cubatão, fato este que pode indicar que fumar e ser exposto a poluentes atmosféricos podem agravar ainda mais a saúde. A presença de alterações decorrentes da poluição atmosférica foi encontrada em vários estudos, como o de SARIC (1981) que evidenciou um aumento de doenças respiratórias e diminuição do fluxo expiratório na exposição a poluentes atmosféricos.

Gráfico 12 – Distribuição dos participantes da amostra, de acordo com o relato de presença de doenças respiratórias em fumantes e não fumantes nos municípios de Bertioga e Cubatão, 2011.

O Gráfico 12, mostra que os valores das condições “não fumante sem doença pulmonar”, “fumante sem doença respiratória” e “fumante com doença respiratória” são similares nas duas cidades, porém a condição “não fumante com doença respiratória” na cidade de Cubatão apresentou uma proporção significativa de 100% a mais que o número de casos da cidade de Bertioga.

Os resultados dos testes espirométricos, mostraram uma distribuição de disfunções da função pulmonar bem ampla. Considerando as disfunções específicas, como mostradas no Gráfico 13, o distúrbio obstrutivo leve, o distúrbio restritivo moderado e o distúrbio misto tiveram relevância estatística na cidade de Cubatão ($p < 0,05$).

Gráfico 13 – Resultados dos testes espirométricos.

Em Bertioga houve predomínio das disfunções graves (40%) e das moderadas (31,4%), porém na maior parte dos casos, as disfunções estavam associadas com doença respiratória pré-existente, obesidade e maior número de fumantes na amostra, fatores estes que interferiram no resultado da espirometria. Em Cubatão as disfunções mais encontradas foram de 40% de disfunções leves e de 31,7% de disfunções moderadas (Tabela 18). Em Cubatão o número de testes com presença de disfunções foi maior, no entanto a presença de doença pré-existente e do tabagismo foi menor em comparação a Bertioga. Esse fato ressalta mais uma vez a presença de alteração da

função respiratória sem evidência específica, o que leva a suposição da exposição a poluição atmosférica e os seus efeitos crônicos sobre a função respiratória. Estudos realizados por Bascon e colaboradores (1996) e Dockery, Brunekreef (1996) indicaram uma correlação positiva para o O₃ e material particulado com os problemas das vias aéreas inferiores. Foi possível verificar neste estudo que existe decréscimo da função pulmonar e uma forte associação com os níveis de poluentes, da mesma forma que os outros estudos citados também indicaram uma associação.

A distribuição dos tipos e subtipos das disfunções espirométricas (Gráfico 13) não foi conclusiva quanto a predominância de disfunções em ambas as cidades, desta forma os distúrbios foram agrupados em DVR, DVO e DVM, permitindo identificar após os testes espirométricos as condições abaixo descritas.

Os distúrbios ventilatórios restritivos (DVR) apresentaram alta significância estatística ($p < 0,05$) em Cubatão. Este achado é extremamente importante em razão da redução da função pulmonar estar associada à presença de disfunções restritivas possivelmente ocasionadas pela exposição ambiental ao material particulado e ao ozônio. Estes dados corroboraram com a pesquisa de Avol (1987), que também evidenciou queda significativa em seus estudos da função respiratória em razão da presença de ozônio. Outro achado importante de acordo com a literatura, diz respeito ao desenvolvimento de distúrbios restritivos por efeito do material particulado. A presença deste poluente no pulmão pode ser responsável pela gênese de pneumoconioses, embora existam vários tipos de classificação para esta doença, ela está correlacionada com o depósito de partículas no aparelho respiratório, e pode ser devida a exposição ambiental não específica. Neste caso, no teste espirométrico um achado freqüente é a DVR (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Esta informação corroborou com os dados encontrados neste estudo.

As disfunções obstrutivas, também foram mais frequentes em Cubatão. Constatou-se que houve acometimento do aparelho respiratório pela exposição sucessiva em decorrência da qualidade do ar na região, fato este que contribuiu para a gênese das disfunções obstrutivas, cujo mecanismo fisiopatológico pode ser desencadeado pela presença de poluentes na árvore brônquica. O mecanismo de disparo destas disfunções foi a presença de particulados e de ozônio na atmosfera, tendo como justificativa o relato destes participantes no questionário de sintomas respiratórios, de não serem portadores de doenças e não possuíam doença antecedente. Assim, obtêm-se

mais um indicativo da associação de PM₁₀ e O₃ na saúde da população. Estudo de Freitas et.al (2004), associou exposição a MP₁₀ e O₃ às morbidades respiratórias e às internações hospitalares. Para Desalu, Adekoya e Ampitan (2010), o risco de desenvolver bronquite crônica é maior quanto ocorre exposição a poluentes atmosféricos.

O distúrbio ventilatório misto teve distribuição semelhante nos municípios.

Em Bertioga, conforme relato dos participantes foi constatado que alguns indivíduos com presença de disfunção da função pulmonar, já eram portadores de doenças respiratórias. Residiam em grandes cidades ou em regiões desfavoráveis para a sua condição fisiopatológica, e vieram morar no município por recomendação médica.

Após análise dos testes espirométricos e a aplicação do tratamento estatístico (OR=6,9; IC95% = 2,72-17,51 e p=0,01), os dados obtidos para os participantes fumantes e não fumantes conforme o resultado dos testes nas duas cidades mostrou que houve significância em ser fumante com a presença de diminuição da função pulmonar em Bertioga, havendo associação da disfunção com o tabagismo. Esta associação mostra que em Bertioga os fumantes provavelmente desenvolvam alterações da função pulmonar com uma chance de seis vezes a mais que os não fumantes. Na cidade de Cubatão não houve associação direta do tabagismo com as disfunções pulmonares. Embora existam disfunções da função respiratória, o fumo não foi a principal causa, os não fumantes apresentaram disfunção sem causa evidente, ou seja, não houve histórico de doenças, obesidade ou de tabagismo.

A disfunção sem causa evidente sugere e associa os distúrbios da função pulmonar e as doenças respiratórias a exposição crônica a poluição atmosférica. Este estudo corroborou com os achados de Hofmeister (1991), que em sua pesquisa efetuada em Cubatão na década de 1980, observou decréscimo da função respiratória em crianças. Para Hofmeister (1991) pode existir um decréscimo da capacidade respiratória de 5% a 8% ao ano em função da concentração de poluentes na atmosfera. Correia (2001), também evidenciou o decréscimo da função respiratória em crianças, por meio da medida do fluxo expiratório de pico, como consequência da exposição à poluição.

Após tratamento estatístico, no qual foi aplicado o teste de Mann Whitey para comparar os não fumantes e os fumantes das duas populações em estudo, foi constatado que existe diferença entre os participantes dos dois municípios. Os resultados dos testes

de espirometria mostraram decréscimo da função respiratória nos participantes de Cubatão que não eram fumantes, não possuíam doença respiratória, mas que residiam neste município a mais de dez anos. Esta alteração detectada muito provavelmente esta associada com a exposição ambiental aos poluentes atmosféricos estudados, cujas consequências e acometimentos da presença de alteração da função respiratória, podem gradativamente evoluir, mesmo não havendo no presente momento sintomatologia clínica que possa indicar a presença de disfunção. A percepção do nível de saúde destes participantes com leves alterações da função pulmonar foi boa, ou seja, supostamente normal. No entanto, como alterações assintomáticas foram detectadas pelos testes de espirometria, acredita-se que a evolução natural destas alterações para uma parte dos participantes, ou seja, da população local, é que haja posteriormente morbidade respiratória.

A morbidade respiratória pode ser a fase seguinte, concretizada na presença sintomática de manifestações respiratórias como uma reação de caráter tardio e ou decorrente de longo período de exposição nos indivíduos. Arruda (2008) verificou em sua pesquisa realizada também em Cubatão, que crianças de 0 a 10 anos sofreram efeitos agudos da exposição ao MP₁₀ e ao O₃; observou também que os adolescentes foram menos afetados que as crianças, apenas apresentaram efeitos agudos relacionados ao O₃; e que os idosos apresentaram reação tardia para o O₃. O estudo de Arruda (2008) corrobora com esta pesquisa quanto à reação tardia do O₃ na função pulmonar.

Conforme foi apresentado, e segundo os estudos da área de saúde ambiental, a exposição a poluentes pode comprometer a saúde. Neste estudo verificou-se que as alterações da função respiratória nem sempre são percebidas, porém com a exposição contínua pode existir risco a saúde em longo prazo.

Foi observado que em razão da qualidade do ar, em Bertioga a proporção de disfunções respiratórias sem evidência clínica foi menor, enquanto que em Cubatão, a presença de distúrbios da ventilação pulmonar que indicam decréscimo da função respiratória foi mais elevada. Ao considerar o nível de exposição em Cubatão, observou-se que embora os níveis de qualidade do ar estivessem próximos dos limites desejados, que no período de estudo, a concentração de PTS, MP₁₀ e O₃ foi sempre

maior que em Bertioga. A proporção de concentração foi superior em Cubatão para o MP₁₀ em 17,3µg/m³ e para o O₃ de 14,88µg/m³.

De acordo com outros estudos, uma elevação de 10µg/m³ destes poluentes é suficiente para produzir comprometimentos à saúde humana (CASTRO et al, 2009; RIOS et al, 2004). No presente estudo, verificou-se que a diferença entre as concentrações de MP₁₀ e O₃ entre os dois municípios ultrapassou 10µg/m³ no período da pesquisa, ou seja, estima-se que esta condição esteve presente nos últimos anos, com consequente repercussão a saúde da população de Cubatão, que respirou um ar com concentrações mais elevadas de poluentes atmosféricos.

Finalizando, foi possível associar a redução da função pulmonar e a presença de disfunções do aparelho respiratório com a exposição crônica a poluentes atmosféricos nos participantes da cidade de Cubatão, uma vez que os resultados obtidos ofereceram sustentação para esta argumentação. Embora a ênfase deste estudo tenha focado as condições crônicas em longo prazo, provavelmente se uma análise de todas as alterações e afecções pulmonares agudas, subagudas e crônicas decorrentes da exposição à poluição atmosférica em Cubatão for realizada, os resultados obtidos poderão estar em conformidade com a OMS (2005), que diz que as doenças respiratórias agudas e crônicas possuem uma associação com as exposições ambientais da ordem de 50% a 60%, ou seja, de cada dez casos de doenças respiratórias, seis podem estar associados à contaminação ambiental.

6 CONCLUSÃO

A exposição humana à poluição atmosférica tem sido uma preocupação constante com relação à saúde da população, principalmente nas regiões em que a concentração de poluentes é mais elevada.

Inúmeros estudos já foram efetuados com a finalidade de observar e analisar os efeitos da poluição atmosférica sobre a função respiratória e a gênese de sintomas e de doenças associadas aos poluentes clássicos em níveis mais elevados.

Este estudo foi realizado com ênfase na exposição crônica à PTS, PM₁₀ e O₃ em indivíduos adultos na fase de senescência, condição fisiológica em que um indivíduo é menos sensível que àqueles nos extremos de idade. Porém, nesta fase os mecanismos fisiopatológicos podem ser desencadeados com maior facilidade por estímulos constantes em virtude do processo de envelhecimento. Os resultados obtidos foram conclusivos na evidência desta situação. A faixa etária mais acometida por disfunções respiratórias foi a de 29 a 37, seguida pela faixa de etária de 38 a 47 anos com praticamente o mesmo percentual em ambas as cidades. Os testes espirométricos evidenciaram uma maior proporção de alterações da função respiratória nos indivíduos biologicamente mais velhos, com acometimento maior na faixa etária de 38 a 47 anos na cidade de Cubatão.

A medição destes poluentes na cidade de Bertioga constatou que a qualidade do ar do município no período de estudo, foi considerada boa, uma vez que não houve ultrapassagens das concentrações de PTS, PM₁₀ e O₃. Os níveis encontrados estão abaixo e de acordo com a determinação do CONAMA (1990), atendendo também os níveis recomendados pela OMS (WHO, 2006).

Em Cubatão no mesmo período de estudo a média de concentração observada para MP₁₀ e O₃, também não ultrapassou os níveis recomendados, mas foram maiores que em Bertioga. No entanto, as concentrações nos últimos anos foram altas, e ultrapassagens foram registradas pela estação Cubatão-Centro (PM₁₀ e O₃) e pela estação Vila Parisi (PTS) da CETESB. Ao verificar os níveis recomendados pela OMS, as concentrações observadas em Cubatão ao longo dos anos foram determinantes na obtenção dos resultados obtidos nos testes espirométricos e nos sintomas encontrados.

O índice de qualidade do ar regular para o PM₁₀ e o O₃, com concentrações que podem oferecer riscos a saúde praticamente estiveram presentes em todo o período de estudo, como também nos últimos anos na cidade de Cubatão. Se for considerada a tendência de elevação da concentração de O₃ para os meses mais quentes e a do PM₁₀ para os meses mais frios, a exposição da população de Cubatão a estes poluentes foi constante, favorecendo a presença de sintomas respiratórios e de disfunções pulmonares identificados nesta pesquisa.

O estudo identificou a presença de distúrbios da função respiratória na população estudada na cidade de Cubatão, permitindo a associação da qualidade do ar com os efeitos crônicos da exposição à poluição atmosférica. As disfunções presentes foram o DVR e o DVO. O grau de disfunções presentes na cidade de Cubatão variou entre leve e moderada. O DVR leve foi o mais freqüente, e fortemente associado com a poluição do ar, uma vez que se manifestou principalmente em indivíduos não fumantes sem evidência específica de doença. O DVO moderado foi o mais presente, porém menos evidenciado, no entanto representa também efeitos crônicos relacionados à exposição ambiental, cujos participantes sem histórico de doença anterior e de doença familiar, possivelmente desenvolveram ao longo dos anos de exposição. Em Bertioga, a maior parte das disfunções presentes se relacionou com doença pré-existente e obesidade. Os distúrbios neste caso variaram em DVO e DVR moderado e grave. O DVM foi menos representativo nas duas cidades.

As disfunções mais constatadas no aparelho respiratório na cidade de Cubatão foram o decréscimo da função respiratória, a presença de sinusite e de rinite. Não houve associação direta do tabagismo com as disfunções observadas.

Os sintomas das vias aéreas superiores mais freqüentes em Cubatão foram a tosse seca sem resfriado, a coceira no nariz e os espirros, todos com associação com os poluentes estudados. Constatou-se que em função da maior presença de sintomas respiratórios na amostra de Cubatão, que pode haver associação do PTS com esta sintomatologia, fato este justificado por muitas ultrapassagens do nível permitido pelo padrão de qualidade do ar para este poluente ao longo dos anos na região industrial.

A associação da poluição atmosférica foi comprovada pelos resultados obtidos nas amostras estudadas. Significativamente houve um maior número de casos de decréscimo da função respiratória e da presença de sintomas respiratórios nos participantes de Cubatão.

Com relação a prática tabágica, não foi possível neste estudo associar o tabagismo com os efeitos dos poluentes no aparelho respiratório. Constatou-se, no entanto, que fumar é prejudicial à saúde, independentemente da exposição à poluição atmosférica.

Tendo em vista que poucos são os estudos sobre os efeitos da exposição crônica em adultos na idade senescente, o autor sugere que outros estudos experimentais sejam realizados, e que somados a este, possam alertar os órgãos governamentais e a população a respeito do risco da exposição crônica aos poluentes atmosféricos, possibilitando desta forma a tomada de medidas preventivas primárias.

Os resultados evidenciaram também a importância de medidas e programas com ênfase na redução da concentração de poluentes em Cubatão e da prevenção da poluição do ar em Bertioga evitando a elevação das concentrações atuais.

Por fim, sugere-se que as autoridades responsáveis pela qualidade do ar no Brasil, tomem providências, adequando os níveis permitidos às recomendações da Organização Mundial de Saúde.

7 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13412 (1995) *Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da concentração de Partículas inaláveis pelo Amostrador de Grande Volume acoplado a um Separador Inercial de Partículas*. Jun 1995.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9547 (1993) *Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do Amostrador de Grande Volume*. Fev 1993.

ABREU, L C; PEREIRA, V X; VALENTI, V E; PANZARIN, S A; FILHO, O F M. *Uma visão da prática da fisioterapia respiratória: ausência de evidência não é evidência de ausência*. Arq Med ABC 32 (Supl.2):S76-8. Santo André, 2007.

AIRES, M M. *Fisiologia Humana*. 3ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara- Koogan, 2008.

ALMEIDA FILHO, E O. *Avaliação das fontes de emissão de material particulado na atmosfera da cidade de Cuiabá*. Tese da Universidade de Mato Grosso. Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Departamento de Física. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Cuiabá, 2006.

ANDRADE JUNIOR, D R; SOUZA, R B; SANTOS, A S; ANDRADE, D R. *Oxygen free radicals and pulmonary disease*. J. Bras Pneumol. V. 31 n.1:60-8. São Paulo, 2005.

ARRUDA, R J. *Análise da associação entre poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças, adolescentes e idosos na cidade de Cubatão entre 1997 e 2004*. Dissertação de Mestrado da Universidade Católica de Santos. Departamento de Meio Ambiente e Saúde, Santos, 2008.

ASSUNÇÃO, J V de; PESQUEIRO, C R; CARVALHO, L R F. *Dioxinas e Furanos: Origens e Riscos*. Rev. de Saúde Pública (Journal of Public Health): 33(5), 523-530. São Paulo, 1999.

ATKINSON, R; ANDERSON, H R; SUNYER, J; AYRES, J; BACCINI, M; VONK, J M. *Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project*. Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Respir Crit Care Med, 2001.

AVOL, E L; LINN, W S; SHAMOO, D A; SPIER, C E; VALENCIA, L M; VENET, TG. *Short-term respiratory effects of photochemical oxidant exposure in exercising children*. Journal of the Air Pollution Control Association, 37: 158-162, 1987.

AYRES, M; AYRES JR,M; AYRES, D.L; SANTOS, A.S. *Bioestat 2.0 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 2000.

AZEVEDO, D C; OLIVEIRA, D S; GUIMARÃES, H M B; MARTINS, R S L; MACCHIORE, M; SALDIVA, P H N. *Comparação dos Efeitos do Material Particulado em Suspensão (PTS) Colhido em Diferentes Fontes Emissoras de Poluentes sobre a Embriogênese em Ovos de Galinha*. J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 1, n. 1,53-56, 2006.

BAGATIN, E; KITAMURA, S. *História ocupacional*: J Bras Pneumol,32 (Supl 1):S12-S16, 2005.

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

BARNES, P J. *Neurogenic inflammation in the airways*. Respir. Physiol., v. 125, p. 145-154, 2001.

BASCON, R., BROMBREG, P A., COSTA, D A., DEVLIN, R., DOCKERY, D W., FRAMPTON, M.W. *Health effects of outdoor air pollution*. Am J Respir Crit Care Med 153:3-50, 1996.

BINOCK, D H. *Alterações cardiopulmonares induzidas em ratos saudáveis após a instilação nasal subcrônica de suspensão aquosa de material particulado fino em*

concentração ambiental. Tese da Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Departamento de Patologia Dissertação para obtenção do grau de Doutorado, São Paulo, 2010.

BOAVENTURA, C M; AMUY, F F; FRANCO, J H; SGARBI, M E; MATOS, L B; MATOS, L.B. *Valores de referencia de medidas de pico de fluxo expiratório máximo em escolares.* Arq Med ABC 32(Supl.2): S30-4, Santo André, 2007.

BOEIRA, S L; GUIVANT, J S. *Indústria de tabaco, tabagismo e meio ambiente: as redes ante os riscos.* Cadernos de Ciência e tecnologia, Brasília, v.20, n 1, p.45-78, jan/abr.2003.

BOHM, G M. *Como os principais poluentes provocam doenças.* 1996. Disponível em <http://www.saudetotal.com/saude/doencpol/doencpol.htm> Acesso em out. 2008

BRAGA A L, ZANOBETTI A, SCHWARTZ J. *The Lag Structure Between Particulate Air Pollution and Respiratory and Cardiovascular Deaths in 10 US Cities.* J Occup Environ Med. 43(11):927-33, 2001.

BRAGA, A., PEREIRA, L A. A., SALDIVA, P H N., *Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana.* In:Sustentabilidade na Geração e Uso de Energia no Brasil: os próximos 20 anos, Campinas, 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 003/1990. *Estabelece Padrões de Qualidade do Ar e Amplia o Número de Poluentes Atmosféricos Passíveis de Monitoramento e Controle.* Coletânea de Legislação Ambiental. 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em 17/03/08.

BROOK, R D; FRANCLIN, B; CASCIO,W; HONG, Y; HOARD, G; LIPSETT, M; LUEPKER, R; MITTLEMAN, M; SAMET, J; SMITH, J R SC; TAGER, I. *Air pollution and cardiovascular disease a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association.* Circulation. 2004; 109:2655-71.

CACCIOLA R R, SARVA M, POLOSSA R. *Adverse Respiratory effects and allergic susceptibility in relation to particulate air pollution: flirting with disaster*. Allergy; 57: 281-6, 2002.

CAMARGO, L A C; PEREIRA, C A C. Dispnéia em DPOC: além da escala modified Medical Research Council. J. bras. Pneumol. Vol.36 no.5 São Paulo Sept/Oct,2010.

CAMPOS, V; CRUZ, L P S; ALVES, E M; SANTOS, T S; SILVA, A D; SANTOS, A C C; LIMA, A M V; PAIXÃO, C S; SANTOS, D C M B; BRANDÃO, D S; ANDRADE, E J S; MOREIRA, J I; CONCEIÇÃO, K A C S; RAMOS, M S; PONTES, M C G; AMARAL, M F; MATTOS, R R. *Monitoramento atmosférico passivo de SO₂, NO₂ e O₃ em áreas urbanas e de influência industrial como prática de química ambiental para alunos de graduação*. Quím. Nova vol.29 no.4 São Paulo July/Aug. 2006

CANÇADO, J E; DELFINI, A, PEREIRA L A A; ADALA, M; SALDIVA, P H N; SANTOS, U P. *Repercussões Clínicas da Exposição à Poluição Atmosférica*. J. bras. pneumol. vol32, suppl 2, São Paulo, maio,2006.

CASTRO, H Á; GOUVEIA, N; ESCAMILLA-CEJUDO, J A. *Questões metodológicas para investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde*. Rev. bras. de Epidemiologia, 6: 135-149, 2003.

CASTRO, H A; CUNHA, M F; MENDIONÇA, G A; JUNGER, W L; *Efeitos da poluição do ar na função escolar, Rio de Janeiro, RJ*. Ver. Saúde Pública vol.43 no.1 São Paulo Feb.2009.

CAVALCANTE, A G M; BRUIN P F C. *O papel do estresse oxidativo na DPOC: conceitos atuais e perspectivas*. J. bras. pneumol vol35(12):1227-1237, 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . *Relatório da Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2005*. São Paulo: Cetesb, 2005.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental *Qualidade do ar – Histórico*. São Paulo: Cetesb, 2008. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_historico.asp

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . *Relatório da Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2009*. São Paulo: Cetesb, 2009.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental *Qualidade do ar*. São Paulo: São Paulo: Cetesb, 2011. Disponível em http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/ar/ar_indice_padroes.asp

COELHO, C D. *Análise dos contaminantes biológicos presentes no material particulado (PM_{2,5}) de amostras da região metropolitana de São Paulo*. Tese da Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Departamento de Patologia Dissertação para obtenção do grau de Doutorado, São Paulo, 2009.

COSTANZO, L. *Fisiologia*. 2^a ed. São Paulo, Elsevier, 2004.

CORREIA, J E M. *Poluição atmosférica urbana e fluxo expiratório de pico (peak flow) em crianças de 7 a 9 anos na cidade de São Paulo*. Tese da Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Epidemiologia. Dissertação para obtenção do grau de Mestrado, São Paulo, 2001.

COUTO, J M. *Entre Estatais e transnacionais: o Pólo Industrial de Cubatão*. Campinas.Unicamp. Tese de Dissertação de Doutorado, 2003.

DESALU, O O; ADEKOYA, A O; AMPITAN, B A. *Risco aumentado de sintomas respiratórios e bronquite crônica em mulheres que utilizam biocomustíveis na Nigéria*. J. bras pneumol. Vol.36 no.4 São Paulo July/Aug. 2010.

DIOICIAUTI, M. *The two PM_{2,5} (fine) and PM 2,5-10 o-(coarse) fractions: evidence of different biological activity*. Environ. Res., v. 86, Sec. A, p. 254-262, 2001.

DOCKERY, D W; BRUNEKREEF, B. *Longitudinal studies of air pollution effects on lung function*. Am. J. Resp. Crit. Care Med., v. 154, p. 5250-5256, 1996.

DONALDSON, K; BROWN, D M; MITCHELL, C; DINEVA, M; BESWICK, P H; GILMOUR, P; MACNEE W. *Free radical activity of MP10: iron-mediated generation of hydroxyl radicals*. Environ. Health Perspect., v. 105, p. 1285-1289, 1997.

DOUGLAS, R C. *Tratado de Fisiologia Aplicada a Saúde*. 5ª edição. Ed. Robe Editorial: São Paulo, 2002.

FARIA, N M X; FACCHINI, L A; FASSA, A C G; TOMASI, E. *Trabalho rural, exposição a poeiras e sintomas respiratórios entre agricultores*. Rev.Saúde Pública vol. 40 n.5 São Paulo, 2006.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2001. Disponível em <http://www.feam.br>. Acesso em: 29 set.2008.

FILHO, J B G. *O Fenômeno Cubatão*. O Estado de São Paulo. Março 1987. Disponível em: www.consultoriaambiental.com.br. Acesso em: 20 MAI 2010.

FINKEL, T; HOLBROOK, N J. *Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing*. Nature. 408(6809):239-47,2000. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v408/n6809/abs/408239a0.html>>. Acesso em 07 de mai de 2011.

FREITAS, C U, PEREIRA, L A A., SALDIVA, P H N. *Vigilância dos Efeitos na Saúde Decorrentes da Poluição Atmosférica: Estudo de Factibilidade*.1996. Disponível em: <www.cve.saude.sp.gov.br/htm/doma_vig.htm>, acesso em 03 de 2009.

FREITAS, C U; MARTINS, L C; MARCILIO, I O; GOUVEIA, N. *Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras*. Epidemiol e Serv de Saúde, v12, n.1,São Paulo, 2003.

FREITAS, C U; BREMNER, S A; GOUVEIA, N; PEREIRA, L A A; SALDIVA, P H N. *Internações e Óbitos e sua Relação com a Poluição Atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997 - Centro de Vigilância Epidemiológica*. São Paulo, SP, FMUSP. São Paulo, 2004.

FRISTCHER, C C; MARTNS, F; ZETTER, E. *Um guia para orientação de pacientes asmáticos. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. Disponível em : HTTP:// www.sbpt.org.br/~rsp. Acesso em 12 de julho de 2008.

GERARMED. Disponível em <http://www.gerarmed.com.br/novo/produtos.htm>. Acesso: 20 de março de 2010.

GHIO, A J; KIM, C; DEVLIN, R B. *Concentrated ambient air particles induce mildpulmonary inflammation in healthy human volunteers*. Am. J. Respir. Crit. Care Med., v.162, p. 981-988, 2000.

GILMOUR, M I; DANIELS, M; MCCRILLIS, R C; WINSETT, D; SELGRADEET, M K. *Air pollutant-enhanced respiratory disease in experimental animals*. Environ Health Perspect., v. 109, p. 619-622, 2001. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240592/>

GIODA, A; AQUINO NETO, F R. *Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa*. Cad. Saúde Pública, v. 19, n. 5,p. 1389-1387, 2003.

GOOGLEMAPPS. Disponível em [Http://www.google.com.br](http://www.google.com.br)

GOUVEIA, N; CORREIA J E, JUNGER W L. *Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo*. Brazil. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro. v. 22. n. 12. 2006

GOUVEIA, N; FLETCHER, T. *Time Series Analysis of air Pollution and Mortality: Effects by Cause, Age and Socioeconomic Status*. J Epidemiol Comm Health; 54:750-5, 2000.

GOUVEIA, N; MENDOÇA, G A; LEON, A P; CORREIA, J E; JUNGER, W L; FREITAS, C U. *Poluição do ar e Efeitos na Saúde nas Populações de Duas Grandes Metrópoles Brasileiras*. Epidemiol Serv Saúde;12:29-40, 2003.

GOUVEIA, N; FLETCHER, T. *Respiratory Diseases in Children and Outdoor Air Pollution in São Paulo, Brazil: a time series analysis*. Occup Environ Med 57:477-83,2000.

GUCCIONE, ANDREW A. *Fisioterapia geriátrica*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Ed.Guanabara Koogan, 2000.

HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. *Protocol for ozone measurement using the ozone passive sampler badge*. Revision 3, Modified by Ogawa & Co., USA, Inc. 16 pp, 2001

HEI Perspectives. **Understanding the health effects of components of the particulate matter mix: progress and next steps**. Boston, 2002. 20 p. Disponível em: HTTP://www.health effects.org/pubs/Perspectives1.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2002.

HOFMEISTER, A V. *Efeitos da poluição do ar sobre a função pulmonar: um estudo de coorte em crianças de Cubatão*. Tese da Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Prática de Saúde Pública para obtenção do grau de Doutor.1991.

IBGE. *Senso 2000*. Cidades@. www.ibge.gov.br . Acesso em 11 julho de 2009.

IBGE. *Senso 2010*. http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=35. Acesso em 17 de julho de 2011.

IMAI, M; KATSUMI, Y; KOTCHMAR, D J; LEE, K., *A Survey of Health Effects Studies of Photochemical Air Pollution in Japan*. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 35: 103-108, 1985.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change . **Climate Change 2007**. Impact, adaptation and vulnerability. Geneva, 2007

KOUTRAKIS, P; WOLFSON, J M; BUNYAVIROCH, A; FRIEHLICH, S E; HIRANO, K; MULIK, J D. *Mensurement of ambient ozone using a nitrite-coated filter*. *Department of Envirolmental Health*. Harvard Scholl of Public Health, Boston.anal.Chem, 65,209-214,1993

LIN, C A; PEREIRA, L A A; BRAGA, A L F; CONCEIÇÃO, G M S; KISHI, H S; MILANI, R. *Association Between Air Pollution and Ischemic Cardiovascular Emergency Room Visits*. *Env Res.*; 92:53-63, 2003.

MACNEE, W. *Pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease*. *Proc Am Thorac Soc*; 2(4):258-66; discussion 290-1, 2005. Disponível em: <http://pats.atsjournals.org/cgi/content/full/2/4/258> . Acesso em 21 abr.2011.

MAK, J C. *Pathogenesis of COPD. Part II. Oxidative-antioxidative imbalance*. *Int J Tuberc Lung Dis*. 12(4):368-74. China, 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18371260>>. Acesso em 21 abr.2011.

MANNINO, D M. *Guidance on methodology for assesement of Forest fire induced health effects*. 1999. Disponível em: <[http.who.int/environmental-information/Vegetation-fires/Health-Guidelines](http://who.int/environmental-information/Vegetation-fires/Health-Guidelines)>. Acesso em: 15 out.2008.

MARTINS, L C. *Poluição Atmosférica e Atendimentos por Pneumonia e Gripe em São Paulo, Brasil*. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, n. 1, 2002.

MATSUMOTO, G; CONDO, N N; DE PAULA, V R; MAUAD, T; DA SILVA, L F; DE ANDRÊ, C D; CARVALHO-OLIVEIRA, R; SALDIVA, P H N; GARCIA,ML. *The time course of vasoconstriction and endothelin receptor a expression in*

pulmonary arterioles of mice continuously exposed to ambient urban levels of air pollution. Environ Res.110;237-43; 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Pneumoconioses**. Saúde do Trabalhador Protocolos de Complexidade Diferenciada Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília, 2006.

NASCIMENTO, L F. *Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP*. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v.40, n.1, 2006.

NERY, L E; FERNADES, N A G; PERFEITO, J A J. *Pneumologia – guias de medicina ambulatorial e hospitalar*. UNIFESP. São Paulo: Manole; 2006.

PALOMBINI, B C; PORTO, N S; ARAÚJO, EG, VANONI, D. *Doenças das Vias Respiratórias – Uma Visão Clínica Integradora(viaerologia)*, Ed. Revinter, Rio de janeiro, 2001.

PARK, H S; KIM, S R; LEE Y C. *Impact of oxidative stress on lung diseases*. Respirology. 14(1):27-38, 2009.

PEREIRA, F A G. *Efeito da poluição do ar na carcinogenese de camundongos. Tese da Universidade de São Paulo*. Faculdade de Saúde Pública. Tese para obtenção do grau de Doutor. 2005.

PEREIRA, C A C. *Diretrizes para teste de função pulmonar*. J Pneumol.22(3), 2002

PEREIRA L A A, LOOMINS D, CONCEIÇÃO G M S, BRAGA A L F, ARCAS RM, KISHI, H . *Association Between Air Pollution and Intrauterine Mortality in São Paulo, Brazil*. Environ Health Perspect; v.106, n.106:325-9, 1998.

POPE, C A. *Epidemiology of particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk?* Environ Health Perspect; 108:1-24, 2000.

RAJENDRASOZHAN, S; YANG, S R; EDIRISINGHE, I; YAO, H; ADENUGA, D. RAHMAN I. *Deacetylases and NF-kappaB in redox regulation of cigarette smoke-*

induced lung inflammation: epigenetics in pathogenesis of COPD. Antioxid Redox Signal;10(4):799-811, 2008. Disponível em:

< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18220485> > . Acesso em 21 abr 2011.

RENWICK, L C.; DONALDSON, K.; CLOUTER, A. *Impairment of alveolar macrophage phagocytosis by ultrafine particles*. Toxicol. Appl. Pharmacol., v. 172, p. 119-127, 2001.

RIBEIRO, H P., 1971. *Estudo das Correlações Entre Infecções das Vias Aéreas Superiores, Bronquite Asmática e Poluição do Ar em Menores de 12 anos em Santo André*. Pediatria Prática, 42: 9. (org.), 1976.

RIBEIRO, H; ASSUNÇÃO, J V. *Efeitos das queimadas na saúde humana*. Estud. av. vol.16 no.44 São Paulo Jan./Apr. 2002.

RIBEIRO, H; CARDOSO, M R A. *Air pollution and children's health in São Paulo (1986-1998)*. Social Science and Medicine; 57, 2013-2022, 2003.

RIOS, J L M, BOECHAT, J L; SANT'ANNA, C C; FRANÇA, A T, *Atmospheric pollution and the prevalence of asthma: study among schoolchildren of two areas in Rio de Janeiro, Brazil*. Ann Allergy Asthma Immunol. 92(6):629-34, 2004

ROSEIRO, M N V. *Morbidade por problemas respiratórios em Ribeirão Preto-SP, de 1995 a 2001, segundo indicadores ambientais, sociais e econômicos*. Tese da Universidade de São Paulo. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo . Dissertação para obtenção do grau de Mestrado, São Paulo, 2001.

SAIEG, M T A. *Estudo comparativo da composição das partículas ambientais depositadas e retidas nos pulmões e linfonodos hilares pulmonares*. Tese da Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Departamento de Patologia Dissertação para obtenção do grau de Doutorado, São Paulo, 2009.

SALDIVA, P H., POPE C A.; SCHWARTZ, J; DOCKERY, D.W; LICHTENFELS A J; SALGE J M. *Air Pollution and Mortality in Elderly People: a Time-Series Study in Sao Paulo, Brazil*. Arch Environ Health; 50 (2):159-63, 1995.

SALDIVA, P H N; KING, M; DELMONT, V L C; MACCHIONE, M; PARADA, M A C; DALIBERTO, M L. *Respiratory Alterations Due to Urban Air Pollution: an Experimental Study in Rats*. Environ Res;57:19-33, 1992.

SALDIVA, P H; LICHTENFELS, A J; PAIVA, P S; BARONE, I A; MARTINS, M A; MASSAD, E. *Association Between Air Pollution and Mortality Due to Respiratory Diseases in Children in Sao Paulo, Brazil: a Preliminary Report*. Environ Res.;65(2):218-25, 1994.

SALDIVA, P H D; PEREIRA, L A A; BRAGA, A. *Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana*. Faculdade de Medicina da USP [acesso em 08 out 2008]. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?view=1039>.

SALGADO, P E T. *Informações Gerais e Ecotoxicológicas de Material Particulado*. Série Cadernos de Referência Ambiental, v. 14. Salvador, 2003.

SARIC, M.; FUGAS, M; HRUSTIC, O. *Effects of Urban Air Pollution on School-Age Children*. Archives of Environmental Health, 36: 101-108. 1981.

SCANLAN, L C; WILKINS, R L; STOLLER, J K. *Fundamentos da terapia respiratória de Egan*. 7ª edição. Ed. Manole: São Paulo, 2000.

SCHWARTZ, R; DOCKERY, D W. *Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations*. Am Rev Respir Dis.;145(3):600-4, 1992.

SILVA, E N; PESQUERO, C; RIBEIRO, H; ASSUNÇÃO, J V. *Qualidade do ar na favela Paraisópolis, SP, e possíveis implicações à saúde*. Rev. Dep. Geografia; 18: 60-66; 2006.

SILVA, L.F.F . *Efeito da exposição à queima de biomassa na prevalência de sintomas e na função respiratória em uma comunidade no interior do Brasil*. Tese de Doutorado da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2010.

SHUMWAY, R H.; AZARI, A S; PAWITAN,Y. *Modelling Mortality Fluctuations in Los Angeles as Functions of Pollution and Weather Effects*. *Environmental Research*, 45: 224-241, 1988.

SBPT - SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. *II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica DPOC*. J. Bras. Pneumol. 2004;30(Suppl 5):S1 S42.

WHO. *Air Quality Guidelines*. 2nd Edition. Regional Office for Europe. 2000. Disponível em:<http://www.euro.who.int/air/Activities> acessado em 03 maio de 2008.

WHO. *Climate change and human health*. Geneva, Switzerland, 2003

WHO. *Air Quality Guidelines*. Europe global update, 2005.

WHO. *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogendioxide and sulfur dioxide*. 2006 Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **The EPA'S particulate matter (PM) health effects research centers program**. Washington, 2002. Disponível em: [HTTP://www.usepa.gov/airs/criteria](http://www.usepa.gov/airs/criteria). Acesso em: 3 março de 2008.

VIANNA, N. A, ANDRADE, L.R., SOUZA-MACHADO, ADELMIR; SALDIVA, P. H. N. *Poluição Atmosférica e Alergias Respiratórias*. Gaz. méd.;78 (Suplemento 2):86-92 87; Bahia 2008. WWW.gmbahia.ufa.br.

ZANNOBETTI A, SCHWARTZ J, DOCHERY DW. *Airborne Particles Are a Risk Factor for Hospital Admissions For Heart and Lung Disease. Environ Health Perspect.*; 1071-7, 2000.

ZHANG, J; QIAN, Z; KONG, L; ZHOU, L; YAN,L;CHAPMAN, R S. *Effects of air pollution on respiratory health of adults in three cities.* Arch. Environ Health, Chicago, v. 54, n.6, p.373-381.1999.

ANEXO I

8.1. APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP
Faculdade de Saúde Pública
Universidade de São Paulo

OF.COEP/247/10

20 de agosto de 2010.

Prezados pesquisador e orientador,

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - COEP **analisou**, em sua **3ª/10 Sessão Extraordinária**, realizada em **20/08/2010**, de acordo com a Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde - CNS e suas complementares, o protocolo de pesquisa n.º 2098, intitulado **"ASSOCIAÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR COM A QUALIDADE DO AR EM INDIVÍDUOS FUMANTES E NÃO FUMANTES NAS CIDADES DE CUBATÃO E BERTIOGA"**, área temática **GRUPO III**, sob responsabilidade do pesquisador **Luiz Carlos Rodrigues Guanabara** e orientação do Professor **João Vicente de Assunção**, considerando-o **HOMOLOGADO**.

Cabe lembrar que conforme Resolução CNS 196/96 são deveres do(a) pesquisador(a): 1. Comunicar, de imediato, qualquer alteração no projeto e aguardar manifestação deste CEP (Comitê de Ética em Pesquisa), para dar continuidade à pesquisa; 2. Manter sob sua guarda e em local seguro, pelo prazo de 5 (cinco) anos, os dados da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP, no caso eventual auditoria; 3. Comunicar, formalmente a este Comitê, quando houver o encerramento deste projeto; 4. Elaborar e apresentar relatórios parciais e final; 5. Justificar, perante o CEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Atenciosamente,

Claudio Leone
Professor Titular
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da FSP-USP

Ilm.º Sr.
Prof. Tit. **João Vicente de Assunção**
Departamento de Saúde Ambiental
Faculdade de Saúde Pública da USP

Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César - CEP 01246-904 - São Paulo - SP
Contato: (55 11) 3061 7779 | coep@fsp.usp.br | www.fsp.usp.br

ANEXO II

8.2. TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR

TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR

Eu, Luiz Carlos Rodrigues Guanabara, pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa intitulado "Associação da função pulmonar com a qualidade do ar em indivíduos fumantes e não fumantes nas cidades de Cubatão e Bertioga", assumo a responsabilidade de comunicar imediatamente a Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo toda e qualquer complicação ocorrida durante a realização do referido projeto que coloque em risco o voluntário ou bens incluídos neste trabalho de pesquisa.

Responsabilizo-me, igualmente, a acompanhar as diligências necessárias à imediata e integral assistência aos voluntários participantes ou à reposição ou restauração de bens eventualmente danificados durante a pesquisa.

São Paulo, 05 de novembro de 2009.

Luiz Carlos Rodrigues Guanabara

ANEXO III

8.3. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Associação da função pulmonar com a qualidade do ar em indivíduos fumantes e não fumantes nas cidades de Cubatão e Bertioga

Pesquisador Responsável: Luiz Carlos Rodrigues Guanabara

Este projeto tem o objetivo de avaliar a função respiratória por meio do teste de espirometria, que avalia a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões, com a finalidade de verificar ou evidenciar possíveis alterações pulmonares.

Para tanto será necessário realizar os seguintes procedimentos: inicialmente você irá se sentar, e após estar relaxado irá realizar uma expiração forte no bocal plástico (descartável) do aparelho. Na sequência novamente por mais duas vezes você deverá assoprar o bocal do espirometro.

Durante a execução do projeto não deverá ocorrer nenhum problema com referencia ao teste aplicado, uma vez que ele não é invasivo e não oferece riscos na sua execução. No entanto caso haja alguma intercorrência você deverá entrar em contato pelo telefone 3398-1211, para comunicar o fato ocorrido e receber as orientações necessárias.

Após ler e receber explicações sobre a pesquisa, e ter meus direitos de:

1. receber resposta a qualquer pergunta e esclarecimento sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa;
2. retirar o consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo;
3. não ser identificado e ser mantido o caráter confidencial das informações relacionadas à privacidade.
4. procurar esclarecimentos com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, no telefone 11 3061-7779 ou Av. Dr. Arnaldo, 715 - Cerqueira César, São Paulo - SP, em caso de dúvidas ou notificação de acontecimentos não previstos.

Declaro estar ciente do exposto e desejo participar da pesquisa.

Cubatão, ____ de ____ de ____ .

Nome do sujeito/ ou do responsável: _____

Assinatura: _____

Eu, Luiz Carlos Rodrigues Guanabara , declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto ao participante e/ou responsável.

_____

Data: ____/____/____.

ANEXO IV

8.4. QUESTIONÁRIO SÓCIO-CLÍNICO E DE SINTOMAS RESPIRATORIOS

QUESTIONÁRIO SOCIO-CLÍNICO

DADOS PESSOAIS

1 Nome: _____

2 - Data de nascimento: _____ **3 - Idade:** _____

4 - Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino

5 – Raça

☐ Branca ☐ Parda ☐ Negra ☐ Indígena ☐ Amarela

6 - Estado Civil

☐ Solteiro ☐ Casado ☐ Viúvo ☐ Divorciado

7 – Profissão/Ocupação:

_____

8 – Escolaridade

- ☐ Fundamental completo (primeiro grau completo)
- ☐ Médio incompleto
- ☐ Médio / Segundo grau completo
- ☐ Superior incompleto
- ☐ Superior completo
- ☐ Pós graduado completo

9 – Renda Mensal

☐ 1 salário	☐ De 2 a 3 salários	☐ De 4 a 5 salários
☐ De 6 a 7 salários	☐ De 8 a 9 salários	☐ Mais de 10 salários

10 – Tempo de residência no município:

☐ de 1 a 5 anos	☐ de 6 a 10 anos	☐ mais de 10 anos

11 - Em geral, você diria que sua saúde é:

☐ excelente	☐ muito boa	☐ boa	☐ regular	☐ ruim

12- Você possui algum antecedente de doenças respiratórias (asma e tuberculose)

☐ Sim ☐ Não Qual: _____

13 – Alguém na família tem alergia tipo asma, rinite ou conjuntivite alérgica?

☐ Sim ☐ Não Qual: _____

14 - Você é portador de alguma doença/disfunção respiratória?

☐ Sim ☐ Não Qual: _____

15 – Você costuma ter muitos resfriados?

☐ Sim ☐ Não Cerca de _____ por ano

16 – Você toma ou já tomou medicamentos devido a problemas respiratórios?

☐ Sim ☐ Não

17 – Foi ao hospital para fazer inalação nos últimos anos?

☐ Sim ☐ Não Quantas ____

18 – Você já ficou internado por problemas respiratórios nos últimos anos?

☐ Sim ☐ Não

19 – Qual foi a causa da internação (doença)? _____

20 – Você já teve pneumonia nos últimos anos?

☐ Sim ☐ Não Quantas ____

21 – Você pratica ou praticou atividade física nos últimos anos:

☐ Sim ☐ Não

22 – Qual a frequência da atividade?

☐ 2 vezes por semana ☐ 3 vezes por semana ☐ mais de 3 vezes por semana

23 - Na sua residência existe a presença de umidade e ou de mofo?

☐ Sim ☐ Não

24 – Na sua residência o revestimento do piso é de carpete ?

☐ Sim ☐ Não

25 – Você possui animais em casa (gato, cachorro, pássaros)

☐ Sim   ☐ Não

QUESTIONÁRIO DE SINTOMAS RESPIRATÓRIOS (ANEXO IV)

A - FALTA DE AR

A1 - Com relação a falta de ar ou crises de dispnéia, selecione a afirmativa que mais o identifica:

- ☐ Sinto falta de ar quando realizo exercícios intensos.
- ☐ Tenho falta de ar quando ando mais rápido, quando ando em subidas ou subo escadas.
- ☐ Preciso parar algumas vezes quando ando no meu passo normal em chão plano, andar mais devagar que pessoas de minha idade ou parar de caminhar por causa da falta de ar.
- ☐ Preciso parar de caminhar no chão plano devido à falta de ar depois de andar uns 100 metros ou alguns minutos..
- ☐ Sinto tanta falta de ar que não saio de casa, ou preciso de ajuda para me vestir ou tomar banho sozinho.
- ☐ Não sinto falta de ar.

A2 - Alguma vez você precisou passar por um médico devido a sua falta de ar?

☐ Sim   ☐ Não

B - CHIADO NO PEITO OU SIBILÂNCIA

B1 - Você já teve chiado no peito, alguma vez, nos últimos anos?

☐ Sim   ☐ Não

B2 - Você teve esse chiado no peito quando não estava resfriado ?

☐ Sim   ☐ Não

B3 - Alguma vez, você teve um ataque (crise) de chiado no peito com falta de ar ?

☐ Sim   ☐ Não

C - TOSSE

C1 - Você costuma ter tosse sem estar resfriado(a) ?

☐ Sim   ☐ Não

C2 - Há quantos anos você vem tendo essa tosse?

☐ Menos do que 2 anos

☐ De 2 a 5 anos

☐ Mais do que 5 anos

C3 - Você tosse na maioria dos dias, no mínimo por três meses, a cada ano ?

☐ Sim   ☐ Não

D - CATARRO

D1- Você geralmente tem catarro que vem do seu pulmão, ou catarro difícil de pôr para fora, mesmo sem estar resfriado (a) ?

☐ Sim   ☐ Não

D2 - Há quantos anos você vem tendo esse catarro?

☐ Menos do que 2 anos

☐ De 2 a 5 anos

☐ Mais do que 5 anos

D3. Você tem esse catarro na maioria dos dias, no mínimo por três meses, a cada ano ?

☐ Sim   ☐ Não

E - VIAS AÉREAS SUPERIORES

E1 - Você sente ou já sentiu coceira no nariz, espirros, nariz escorrendo fora os períodos de resfriado?

☐ Sim   ☐ Não

E2 - Você sente ou já sentiu lacrimejamento e coceira nos olhos sem estar resfriado?

☐ Sim   ☐ Não

E3 - Você já teve sintomas de sinusite (dor de cabeça e catarro escuro) nos últimos anos?

☐ Sim   ☐ Não

F – FUMO

F1- Quanto ao hábito de fumar você:

- ☐ É fumante e fuma _____ cigarros por dia, há _____ anos.
- ☐ Parou de fumar. Fumava _____ cigarros por dia, por _____ anos.
- ☐ Não é fumante.

F2 - Qual o tipo de cigarro você fuma?

- ☐ Papel
- ☐ Charuto
- ☐ Cachimbo
- ☐ Fumo de rolo

ANEXO V

8.5. FORMULÁRIO PARA AMOSTRAGEM DE PTS

AMOSTRAGEM DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)					
CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME (Hi-Vol ou AGV)					
PLACA	dH (cm H ₂ O)	$\sqrt{dH \left(\frac{P_2}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_2} \right)}$	Q _p (m ³ - Padrão/min)	D (deflexão)	$\sqrt{D \left(\frac{P_2}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_2} \right)}$
18	22.2	4.664	1.622	7.4	2.693
13	19.0	4.315	1.502	6.1	2.445
10	15.5	3.897	1.358	4.8	2.169
7	11.0	3.283	1.147	3.1	1.743
5	7.0	2.619	0.919	1.8	1.328

DADOS DA CALIBRAÇÃO			
HI-VOL No. <i>HVP-</i>		Registrador No.	
Kit de calibração No.			
P ₂ (mmHg): <i>759.8</i>	P _p (mmHg): <i>760</i>	Inclin. Padrão (a1): <i>2.906</i>	
tt ₂ (°C): <i>31</i>	T _p (°C): <i>25</i>	Interc. Padrão (b1): <i>-0.05</i>	
T ₂ (K): <i>304</i>	T _p (K): <i>298</i>		
Realizada por (nome e assin.):	Luiz Carlos	$Q_p = \frac{1}{a_1} \left(\sqrt{dH \cdot \left(\frac{P_2}{P_p} \right) \cdot \left(\frac{T_p}{T_2} \right)} - b_1 \right)$	
Supervisionada por (nome e assin.):			
DATA	LOCAL: BERTIOGA		

REGRESSÃO LINEAR DA CALIBRAÇÃO	
inclinação (a ₂)	<i>1.9429</i>
intercepção (b ₂)	<i>-0.4689</i>
correlação	<i>0.9998</i>
Equação da calibração para uso na amostragem	
$Q_p = \frac{1}{a_2} \left(\sqrt{D \cdot \left(\frac{P_2}{P_p} \right) \cdot \left(\frac{T_p}{T_2} \right)} - b_2 \right)$	

Continua na próxima folha

CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO

Data da Amostragem :

Código do Filtro:

B-10

Temperatura média T_3 (K)

300.5

Pressão média P_3 (mmHg)

760.9

Massa inicial do filtro (g)

2.8997

Massa final do filtro (g)

2.9815

Massa MP coletado (mg)

81.80

Leitura do Horômetro no início

403338

Leitura do Horômetro no final

405738

Tempo de amostragem (h)

2400.0

Volume amostrado (m^3)

225554.80

Concentração de PTS ($\square g/m^3$)

0.36

Tempo de Am.	D	$Q_p(m^3/min)$
00-02 horas	<i>6.6</i>	1.5589
02-04 horas	<i>6.6</i>	1.5589
04-06 horas	<i>6.6</i>	1.5589
06-08 horas	<i>6.6</i>	1.5589
08-10 horas	<i>6.7</i>	1.5689
10-12 horas	<i>6.7</i>	1.5689
12-14 horas	<i>6.7</i>	1.5689
14-16 horas	<i>6.7</i>	1.5689
16-18 horas	<i>6.8</i>	1.5787
18-20 horas	<i>6.8</i>	1.5787
20-22 horas	<i>6.7</i>	1.5689
22-24 horas	<i>6.6</i>	1.5589
Valor Médio		1.5664

Condições climáticas (vento e chuva): chuva

ANEXO VI

8.7. FORMULÁRIO PARA AMOSTRAGEM DE PM₁₀

FORMULÁRIO DE CAMPO DO PM 10

Local: Bertioga Data: _____
 Amostrador No. PM10 Wedding
 Realizada por (nome e assin.): Luiz Carlos

ANOTAÇÕES DE CAMPO

Temperatura ambiente inicial
 (T_i): 31.4 °C Chuvas : 0.0 mm
 Temperatura ambiente final
 (T_f): 29.8 °C Temper. padrão (T_p): 298 K
 Pressão Atmosférica inicial
 (P_i): 761.2 mmHg Pressão padrão (P_p) : 760 mmHg
 Pressão Atmosférica final
 (P_f): 760.9 mmHg Horâmetro inicial : 1973.62 h
 Diferencial inicial filtro
 (dH_{fi}): 23.0 cmH₂O Horâmetro final: 1997.62 h
 Diferencial final filtro (dH_{fi}): 18.0 cmH₂O Filtro : 59

CALCULOS DE LABORATÓRIO

Diferencial médio filtro (dH_f)
 : 20.50 cmH₂O
$$dH_f(mmHg) = \frac{10 \cdot dH_f(cmH_2O)}{13,6}$$

 Diferencial médio filtro (dH_f)
 : 15.07 mm Hg
 Temperatura média (T_m): 30.60 C
 Temperatura média (T_m): 303.60 K
 Pressão Atm. Média (P_m): 761.05 mm Hg
$$P_1 = P_m - dH_f$$

 Pressão de estagnação (P₁): 746.0 mm Hg
 Taxa de Pressão (P₁/P_m): 0.980
 Vazão Média (Q_a): 1.197 m³/min (tabela de vazão - Look-up-table)
 Vazão Média (Q_p): 1.177 m³/min
$$Q_p = Q_a \times \left(\frac{P_m}{P_p}\right) \times \left(\frac{T_p}{T_m}\right)$$

 Tempo de amostragem: 24.00 h

Volume de Amostragem (V): <u>1694</u> m ³	$V = Q_p \times t$	
Peso inicial do Filtro (M _i): <u>2.9039</u> g	$PM_{10} = \frac{(M_f - M_i) \times 10^6}{V}$	
Peso final do Filtro (M _f): <u>2.9488</u> g		
Massa Amostrada : <u>44.9</u> mg		
Concentração : <u>26.5</u> µg/m ³		

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE A AMOSTRAGEM

sol _____

_____

_____

CONDIÇÕES DO AMOSTRADOR

Q _a entre 1,05 e 1,20 m ³ /min:	sim	x	não	
Amostrador recalibrado conforme programação:	sim	x	não	
Traçado da pena do registrador indicando anormalidade:	sim		não	x

OUTROS

COMENTÁRIOS: _____

_____

ANEXO – VII

8.7. TESTE ESPIROMÉTRICO – MODELO DE REGISTRO DE DADOS