Camila Alves Silva do Amaral

**Avaliação da função respiratória de crianças dos municípios de
Anchieta e Guarapari (ES) através da espirometria e sua correlação
com a qualidade do ar**

Tese apresentada a Faculdade de
Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências.

Programa de Patologia
Orientador: Prof. Dr. Alfésio Luiz Ferreira Braga

São Paulo

2013

Camila Alves Silva do Amaral

**Avaliação da função respiratória de crianças dos municípios de
Anchieta e Guarapari (ES) através da espirometria e sua correlação
com a qualidade do ar**

Tese apresentada a Faculdade de
Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências.

Programa de Patologia
Orientador: Prof. Dr. Alfésio Luiz Ferreira Braga

São Paulo

2013

Camila Alves Silva do Amaral

**Avaliação da função respiratória de crianças dos municípios de
Anchieta e Guarapari (ES) através da espirometria e sua correlação
com a qualidade do ar**

Tese apresentada a Faculdade de Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de
Patologia.

Aprovada em de de 2013

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Alfésio Luiz Ferreira Braga
Universidade de São Paulo
Orientador

Prof. Dr.
Membro

Prof. Dr.
Universidade
Membro

AGRADECIMENTOS

“Até aqui me abençoou o Senhor” (1 Sm, 7:12). Posso dizer que tenho vivido esta verdade em minha vida. Primeiramente, porque se cheguei até aqui foi pela Graça de Deus. Posso glorificar ao Pai pelas Suas misericórdias e por selar em meu coração o desejo de conquistar esta vitória. Obrigada Senhor, por ser o Único digno de ser exaltado no meu pensar, no meu falar, no meu agir e também, no meu sonhar.

Ao Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LPAE) que desenvolveu o trabalho na cidade de Anchieta. Em especial, meu muitíssimo obrigada (e carinho) ao meu orientador, amigo e apoiador Prof. Dr. Alfésio por toda paciência e dedicação. Você acreditou em mim, quando até eu mesmo duvidava.

E ainda, meu muito obrigada ao Prof. Dr. Luiz Alberto e a Profa. Dra. Lourdes pelo apoio e carinho de todas as horas. Agradeço o “saber” imensurável que compartilharam comigo durante esta fase.

Ao meu amado marido Bruno por todo amor e companheirismo. Você sempre me direcionou e me ensinou muitas vezes como “entregar os meus anseios ao Nosso Deus”! Você foi meu porto seguro durante estes 4 anos (e sempre será).

A minha pequena Júlia que por tantas e tantas vezes foi a minha maior fonte de inspiração e renovo. Este Doutorado não teria o mesmo sentido se você não existisse em minha vida, filha. Te amo!

Agradeço aos meus Pais pela dedicação e exemplos que moldaram o meu caráter ao longo destes anos. A minha “Sis Cris”, por todo carinho que só uma irmãzona poderia me proporcionar. Amo vocês.

À minha família “adquirida”, Sr. Sérgio Amaral e Alvinha, por compartilhar comigo toda a experiência técnica e espiritual. Os traslados Mata da Praia-Aeroporto e as orações foram de extrema importância.

A amiga Suelem Missagia no qual dividiu (literalmente) todas as angústias e vitórias. Foram muitas e muitas histórias vividas e guardadas com muito carinho no coração. Você me ajudou com arquivos, artigos, saber, mas sobretudo com a sua amizade.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente me apoiaram nesta etapa, o meu carinho sem medidas.

EPÍGRAFE

“Toda honra, toda vitória eu seu pertence a Ti. Toda honra e todo louvor entrego a Ti, porque sem Ti, não estaria aqui”.

(Ana Paula Valadão Bessa)

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e siglas.....	10
Lista de figuras.....	12
Lista de tabelas.....	13
Resumo.....	14
Summary.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Poluição do ar.....	17
1.1.1 Revolução industrial.....	18
1.1.2 Eventos históricos de excesso de poluição.....	18
1.1.3 Poluentes do ar.....	21
1.1.4 Efeitos adversos à saúde.....	26
1.1.4.1 Sistema respiratório.....	26
1.1.4.2 Outros sistemas.....	34
2 OBJETIVOS.....	37
2.1 Objetivos gerais.....	37
2.2 Objetivos específicos.....	37
3 MÉTODOS.....	39
3.1 Desenho do estudo.....	39
3.2 Local do estudo.....	40
3.3 Definição das áreas de exposição.....	41
3.4 Amostra.....	45
3.4.1 Cálculo da amostra.....	45
3.4.2 Seleção da amostra.....	46
3.4.3 Coleta de dados.....	47

3.5 Poluentes atmosféricos.....	53
3.6 Instrumentos de avaliação.....	53
3.6.1 ISAAC.....	53
3.6.2 Medidas de avaliação individual.....	56
3.7 Análise estatística.....	56
3.8 Aspectos éticos.....	58
4 RESULTADOS.....	60
4.1 Comparação de médias mensais de parâmetros espirométricos.....	64
4.2 Análise de medidas repetidas.....	68
5 DISCUSSÃO.....	75
5.1 Resultados principais.....	75
5.2 Características do estudo.....	76
5.3 Contextualização do estudo.....	77
6 CONCLUSÕES.....	83
7 ANEXOS.....	85
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPPesq Comissão de Ética para Análise de Projeto de Pesquisa

°C Grau Celsius

cm Centímetro

CO Monóxido de carbono

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVF Capacidade Vital Forçada

dp Desvio padrão

ES Espírito Santo

FEF_{25-75%} Fluxo expiratório forçado de 25 e 75% da manobra de CVF

HC Hidrocarboneto

IC Intervalo de confiança

IMC Índice de massa corpórea

ISAAC *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*

L/m Litros por minuto

Kg Kilograma

Kg/m² Kilograma por metro quadrado

µg/m³ Micrograma por milímetro cúbico

µm Micrômetro

MM Média móvel

nm Nanômetro

NO_x Óxido de nitrogênio

NO₂ Dióxido de nitrogênio

O₃ Ozônio

OR Razão de chance (*odds ratio*)

PFE Pico de fluxo expiratório

PM Material particulado

PM₁₀ Material particulado menor que dez micrômetros de diâmetro

PM_{2,5} Material particulado menor que dois e meio micrômetros de diâmetro

OMS Organização Mundial da Saúde

RR Risco relativo

SO₂ Dióxido de enxofre

SPSS *Statistical Package for the Social Sciences*

TEF Tempo Expiratório Final

VEF₁ Volume expiratório forçado no primeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição do tamanho do material particulado.....	24
Figura 2 – Localização geográfica dos municípios de Guarapari e Anchieta no Estado do Espírito Santo.....	42
Figura 3 – Dispersão de emissão de poluentes pela mineradora de ferro.....	43
Figura 4 – Localização geográfica das comunidades envolvidas no estudo....	44
Figura 5 – Número de perdas de participantes por área durante o estudo.....	60
Figura 6 – Valores mensais médios e intervalos de confiança 95% de VEF ₁ , CVF, VEF ₁ /CVF em ambos os grupos ao longo do período de estudo.....	65
Figura 7 – Valores mensais médios e intervalos de confiança 95% de FEF _{25-75%} , TEF e PFE em ambos os grupos ao longo do período de estudo.....	67
Figura 8 – Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM ₁₀ sobre VEF ₁ (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC positivos.....	68
Figura 9 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM ₁₀ sobre CVF (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC	

positivos.....69

Figura 10 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição
ao PM_{10} sobre VEF_1/CVF (medido/predito) no grupo todo e nos
ISAAC positivos.....70

Figura 11 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição
ao PM_{10} sobre PFE (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC
positivos.....71

Figura 12 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição
ao PM_{10} sobre TEF (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC
positivos..... 72

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº. 03 de 28/06/1990).....21
- Tabela 2** – Análise descritiva de peso, altura, idade e IMC dos participantes do estudo no início e final de acordo com a área de moradia.....61
- Tabela 3** – Número absoluto e percentual da distribuição dos participantes por idade e classificação do IMC.....62
- Tabela 4** – Análises descritivas de temperatura, umidade relativa, PM_{10} e suas respectivas médias, desvio padrão, mínimo, máximo e percentis..63

RESUMO

Alves Amaral CS. Avaliação da função pulmonar de crianças dos municípios de Anchieta e Guarapari (ES) por espirometria e sua correlação com a qualidade do ar [tese]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2013.

INTRODUÇÃO: A região de Guarapari e Anchieta, ao sul do estado do Espírito Santo apresenta um parque industrial em crescimento que gera na população local uma preocupação em relação à piora da qualidade do ar e aos efeitos adversos sobre a população residente. Neste estudo avaliamos os impactos da exposição à poluição do ar gerada por uma mineradora e pelotizadora de ferro sobre a saúde respiratória de crianças e adolescentes residentes no entorno do empreendimento. **MÉTODOS:** Estudo de painel com 121 escolares entre 8 e 16 anos de idade, matriculados em escolas de Anchieta, área exposta às emissões industriais, e Guarapari, área não exposta, no estado do Espírito Santo. Mensalmente, entre maio de 2008 e maio de 2009 foram realizados exames de espirometria. Foram aplicados questionários para obtenção de dados biodemográficos e um questionário validado – ISAAC, para investigar informações referente a presença de asma e alergias respiratórias e cutâneas. Rede de monitoramento da qualidade do ar que mede material particulado forneceu informações diárias sobre as concentrações deste poluente para o período analisado. A correlação entre a exposição aos poluentes do ar e os parâmetros de função respiratória (razão entre valores medidos e preditos) foi analisada através de duas abordagens. Na primeira, foram comparadas as médias mensais de volume expiratório forçado no primeiro segundo, capacidade vital forçada, pico de fluxo expiratório, razão entre volume expiratório forçado e capacidade vital forçada, fluxo expiratório forçado de 25 e 75% da manobra de capacidade vital forçada e tempo de expiração forçada entre os dois grupos. Para esta análise, foi adotado o teste-t de student. Na segunda abordagem, a associação entre os parâmetros respiratórios e o material particulado inalado foi investigada através de modelos de regressão de efeitos mistos, incluindo-se nos modelos controles para: variáveis meteorológicas, presença de asma e alergias respiratórias e, quando necessário, índice de massa corpórea. **RESULTADOS:** 86 crianças concluíram o estudo. As médias mensais da razão entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada e pico de fluxo expiratório, em alguns meses, foram menores na área exposta enquanto que o inverso ocorreu para o tempo expiratório final. Houve relação inversamente proporcional entre a variação do material particulado e todos os parâmetros de espirometria exceto o tempo expiratório. Para uma variação de $14,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no PM_{10} foram observadas reduções de 1,13% (IC 95%: 0,13; 2,14) no volume expiratório forçado no primeiro segundo (média móvel de cinco dias), de 0,95% (IC 95%: 0,32; 1,58) na relação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada (média móvel de três dias), e de 2,96% (IC 95%: 1,46; 4,46) no pico de fluxo expiratório (média móvel de cinco dias). Em relação ao tempo expiratório houve um efeito diretamente proporcional, com um acréscimo de 3,54% (IC 95%: 0,88; 6,20) na média móvel de três dias. **CONCLUSÃO:** Mesmo com níveis de material particulado dentro dos padrões nacionais de qualidade do ar foi observada piora da função respiratória em crianças e adolescentes residentes nos Municípios de Anchieta e de Guarapari (ES).

Descritores: poluição do ar; crianças; adolescentes; espirometria; sistema respiratório; poluição ambiental

SUMMARY

Alves Amaral CS. *Evaluation of lung function of children from the municipalities of Anchieta and Guarapari (ES) by spirometry and its correlation with air quality* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2013.

INTRODUCTION: The region of Guarapari and Anchieta, in the South of the State of Espírito Santo has a growing industrial park that generates in the local population a concern to either the worsening of air quality and the adverse effects on the resident population. In this study we evaluated the impacts of exposure to air pollution generated by a mining company and iron idles on the respiratory health of children and adolescents living in the vicinity of the enterprise. **Methods:** Panel study with 121 students between 8 and 16 years of age, enrolled in schools of Anchieta, exposed area to industrial emissions, and Guarapari, unexposed area, in the State of Espírito Santo. Every month, between May 2008 and May 2009 spirometry tests were carried out. Questionnaires were applied to data acquisition on biodemographic issues and a validated questionnaire to investigate information on the presence of asthma and respiratory and skin allergies (ISAAC). PM₁₀ monitoring network provided daily information on this pollutant concentrations for the period under examination. The correlation between exposure to air pollutants and lung function parameters (ratio between measured and predicted values) were analyzed through two approaches. In the first, monthly averages of forced expiratory volume in one second, forced vital capacity, peak expiratory flow, ratio of forced expiratory volume and forced vital capacity, forced expiratory flow 25 and 75 of the maneuver forced vital capacity and forced expiration time were compared between the two groups. For this analysis, was adopted the student's t-test. In the second approach, the association between respiratory parameters and the inhaled particulate matter was investigated via mixed effects regression models, including controls for meteorological variables, the presence of asthma and respiratory allergies and, when necessary, body mass index. **Results:** 86 children completed the study. Monthly averages of the ratio of forced expiratory volume in one second and forced vital capacity and peak expiratory flow, in a few months, were lower in the area exposed while the reverse occurred for the forced expiratory time. There were inversely proportional relationships between the variation of particulate matter and all the spirometry parameters except the expiratory time. For a variation of 14.03 μgm^3 in PM₁₀ a 1.13% (CI 95: 0.13; 2.14) reduction was observed in forced expiratory volume in one second (five-day moving average), 0.95% (CI: 0.32; 95 1.58) on the relationship between forced expiratory volume in one second and forced vital capacity (three-day moving average), and 2.96% (95 CI: 1.46; 4.46) in peak expiratory flow (five-day moving average). In relation to the expiratory time there was a directly proportional effect, with an additional 3.54% (Ci: 0.88; 6.20) in three-day moving average. **Conclusion:** even with levels of particulate matter inside the national air quality standards was observed worsening of respiratory function in children and adolescents living in the municipalities of Anchieta and Guarapari (ES).

Descriptors: air pollution; children; adolescents; spirometry; respiratory system; ambiental pollution

1. INTRODUÇÃO

1. Introdução

A piora da qualidade do ar tem sido motivo de preocupação para os seres humanos desde o início dos tempos. Esta situação foi piorando com a evolução do conglomerado urbano, o surgimento da indústria e a emissão descontrolada de poluentes atmosféricos.

Os veículos automotores e o aumento incentivado de sua frota adicionaram mais uma fonte importante de poluentes do ar nas áreas já poluídas no início do século XX.

Apesar dos esforços para estudar e prevenir os efeitos adversos da exposição aos poluentes do ar no último século, este permanece um problema a ser equacionado nos dias de hoje nos centros urbanos de todos os países.

1.1. Poluição do ar

A poluição do ar acompanha o ser humano desde os mais remotos tempos, quando seus antepassados descobriram o fogo. Estudos arqueológicos mostram que o uso do fogo nas cavernas oferecia um maior risco de exposição aos homens pré-históricos, uma vez que se tratava de ambientes confinados. ¹

Desde a pré-história a queima de biomassa é utilizada para produção de energia, sendo considerada uma das importantes fontes antropogênicas de poluição atmosférica. ²

1.1.1. Revolução industrial

Novas fontes de poluição do ar surgiram com a Revolução Industrial devido à queima de combustíveis fósseis nos motores a combustão, nas indústrias siderúrgicas, veículos automotivos, além dos produtos químicos.²

O desenvolvimento industrial na Inglaterra foi considerado pioneiro no mundo, porém o crescimento industrial significativo nos países em desenvolvimento mostrou-se iniciar após a segunda metade do século XIX.³

A industrialização começa a cobrar seu alto preço ambiental, com uma degeneração violenta e desorganizada nos principais centros urbanos no mundo. Na época, acreditava-se que a atmosfera conseguiria absorver os agentes agressivos e que não traria consequências para a saúde das populações.²

1.1.2 Eventos históricos de excesso de poluição

O problema da poluição atmosférica passou a ser sentido de forma acentuada quando as pessoas começaram a viver em assentamentos urbanos de grande densidade demográfica.

O Fundo das Nações Unidas para Populações (UNFPA, 2007) estima que até o início do século XIX a população urbana não ultrapassava 3% da população mundial. Com o crescimento considerável, após a Revolução Industrial, a população urbana chega hoje a 50% da população mundial.⁴

O início do século XX foi marcado por 3 episódios de elevações abruptas da concentração de poluentes do ar que geraram como consequência o aumento da morbimortalidade.

Em 1930, no Vale do Meuse, na Bélgica, por exemplo, um período de intensa névoa numa região altamente industrializada provocou a morte de sessenta e três pessoas, cuja causa provável seria relacionada aos elevados níveis de dióxido de enxofre detectado no ar. Nesta ocasião havia ausência de chuva e ventos o que dificultou a dispersão dos poluentes que permaneceram estacionados na região. Os moradores dos vilarejos situados na porção mais estreita do Vale do Meuse, apresentaram problemas intensos de origem respiratória. O número de mortes, nesta ocasião, representou mais de 10 vezes a taxa de mortalidade normal esperada.^{5,6,7}

Em Donora, cidade do estado da Pensilvânia nos Estados Unidos em 1948, entre os dias 27 e 30 de outubro ocorreu uma intensa inversão térmica anticiclone que se assentou no vale da cidade que recebia poluição das metalúrgicas, carvoarias e fornalhas industriais para aço e ferro, provocando a morte de vinte pessoas e mais de sete mil manifestaram problemas cardiorespiratórios.^{7,8}

A cidade de Londres, na Inglaterra, sofreu o mais terrível dos casos de inversão térmica, em Dezembro de 1952. O episódio, conhecido como mortífero *smog*, tirou a vida de quatro mil pessoas devido à concentração excessiva de poluentes - *smog*, termo utilizado para designar a formação de uma nuvem de poluição junto ao solo.^{7,9}

Dessa forma, o cenário mundial apresentado no início do século XX caracterizava-se por um desenvolvimento global em todos os continentes, com cidades modernas com atmosfera saturada. Até então, acreditava-se, que a poluição do ar era apenas consequência de tal desenvolvimento industrializado sem grandes impactos adversos sobre estas comunidades.¹⁰

Entretanto, a ocorrência destes três eventos gerou uma reflexão generalizada que originou em uma forte pressão das sociedades organizadas sobre os governos para estabelecer uma legislação ambiental capaz de permitir o crescimento econômico de forma sustentável.⁴

Na segunda metade do século XX surgem, nos Estados Unidos, as primeiras leis que visam reduzir a poluição atmosférica de fábricas, ferrovias e navios. Neste período foram realizados inúmeros estudos, na Europa e nos Estados Unidos, que permitiram a ampliação dos conhecimentos e a determinação dos padrões de qualidade do ar.

Mais recentemente, o Protocolo de Quioto é consequência de uma série de eventos iniciada com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá (1988). O protocolo constitui um passo importante na luta contra o aquecimento global, pois apresenta objetivos vinculativos e quantificados de limitação e redução dos gases com efeito de estufa.⁷

Na década de 80, o nível de urbanização no Brasil atingiu 68,9%¹¹ e consequentes problemas sociais emergiram com a falta de adequado planejamento em várias cidades brasileiras.

Exemplo deste cenário no qual o Brasil se inseria, destacamos o primeiro polo industrial do país localizado em Cubatão, na Baixada Santista em São Paulo. Implantado a partir de meados do século XX, nas décadas de 70 e 80 era conhecido como a região mais poluída do mundo. Lançavam no ar, diariamente, quase mil toneladas de poluentes. A contaminação ambiental levou à morte vários ecossistemas e as ações do ser humano transformaram a dinâmica da vida nesse importante centro industrial paulista.¹¹

1.1.3 Poluentes do ar

Em 1990, através do Conselho Nacional de Meio Ambiente foi adotado no Brasil um padrão de qualidade do ar, ou seja, os limites máximos tolerados, a partir dos quais, a população exposta sofreria danos à saúde.² Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA 03/90, determinando como padrão nacional de qualidade do ar para partícula inalável de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas seja e $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média anual (Tabela 1).¹²

Tabela 1 – Padrões Nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº. 03 de 28/06/1990).

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão Secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas ¹ MGA ²	240 80	150 60	amostrador de grandes volumes
partículas inaláveis	24 horas ¹ MAA ³	150 50	150 50	separação inercial/filtração
fumaça	24 horas ¹ MAA ³	150 60	100 40	refletância
dióxido de enxofre	24 horas ¹ MAA ³	365 80	100 40	pararosanilina
dióxido de nitrogênio	1 hora ¹ MAA ³	320 100	190 100	quimiluminescência
monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas ¹	10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
ozônio	1 hora ¹	160	160	quimiluminescência

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 - Média geométrica anual. 3 - Média aritmética anual

Fonte: http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp.

Acessado em: 21 de Junho de 2013.

Segundo a resolução acima mencionada,

“Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II - inconveniente ao bem-estar público; III - danoso aos materiais, à fauna e flora e IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às

atividades normais da comunidade” (CONAMA, 1990).¹²

Segundo a Organização Mundial de Saúde¹³ os poluentes que causam maior preocupação em termos de saúde pública são:

- **Material particulado:** consiste de uma população de partículas sólidas e líquidas em suspensão na atmosfera, como poeira, fuligem das partículas de óleo, polens, esporos.
- **CO:** gerado nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham carbono em sua composição.
- Ozônio
- **Óxidos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$):** gerados em processos de combustão, e ainda processos de descargas elétricas na atmosfera.
- **Óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3):** produzidos pela queima de combustíveis que contenham S em sua composição, também gerados em processos biogênicos naturais, tanto no solo quanto na água.

A maioria dos estudos relacionados à poluição do ar faz referência ao material particulado. A partícula de poluição do ar é considerada uma mistura de materiais suspensos no ar em forma sólida e/ou líquida. O tamanho das partículas suspensas pode variar de poucos ηm a muitos μm . As maiores partículas (fração grossa) foram mecanicamente produzidas pelo atrito de partículas maiores. As partículas pequenas ($< 1 \mu\text{m}$) são formadas, em grande parte, por gases; e as partículas ultrafinas ($< 0,1 \mu\text{m}$) são formadas por

nucleação resultante de reações de condensação química que formam novas partículas (Figura 1).¹⁴ Muitos poluentes atmosféricos se comportam como forma de aerossóis, ou seja, como partículas que permanecem no ar por um tempo substancial sendo depositadas na mucosa pulmonar dependendo do tamanho de suas partículas.

FONTE: Adaptado Brook RD, 2004.¹⁵

Figura 1 - Distribuição do tamanho do material particulado

Segundo o World Health Organization (WHO, 2006) a quantificação do impacto de saúde provocado por uma concentração da poluição atmosférica ambiental dependerá de:

- 1) Concentrações ambientais dos poluentes atmosféricos: as bases de dados com as concentrações ambientais devem conter dados de vários anos de maneira contínua produzida por estações de monitoramento

ambiental, sistemas de amostragem ou mesmo a partir do uso de modelagem ambiental.

2) Grupos populacionais: deve-se conhecer a composição e o tamanho dos diversos grupos que formam a população exposta.

3) Informações de morbidade e mortalidade: devem-se verificar as taxas de incidência dos desfechos em saúde, obtidas através de sistemas públicos e privados relacionados a atendimento em saúde, notificações compulsórias ou registros de nascimentos e/ou óbitos.

4) Funções dose-resposta: disponibilização de literatura epidemiológica que estabeleça relação entre concentração da poluição e desfecho em saúde de interesse.

5) Extrapolação do intervalo de validade do estudo: ocorre quando os estudos disponíveis não foram realizados nos mesmos intervalos de variação da concentração da poluição atmosférica que se pretende analisar. Assim, a hipótese de que a função dose-resposta permanece válida mesmo além do intervalo em que o estudo original foi feito pode não ser aplicável. A seleção de fatores conservadores ou subestimados acompanhados de análise de sensibilidade é prática comum nessas situações.

6) Escolha do desfecho em saúde: constitui uma informação crucial para o sucesso da análise. Ela depende da força das evidências de sua relação com o poluente e magnitude da exposição em análise, da disponibilidade de bases de dados que permitam determinar as taxas de incidência do desfecho, e da relevância do seu impacto em termos de saúde e econômicos.

1.1.4 Efeitos adversos à saúde

1.1.4.1 Sistema respiratório

O pulmão não está bem formado no nascimento e desenvolvimento completo de suas funcionalidades ocorre aproximadamente aos 6 anos de idade. Durante a infância, a árvore brônquica ainda está em desenvolvimento. Por exemplo, o número de alvéolos do pulmão humano aumenta de 24 milhões ao nascer para 257 milhões aos 4 anos de idade. Além disso o epitélio do pulmão não está totalmente desenvolvido nesta idade. Outro fator interessante é que as crianças também têm uma área de superfície maior do pulmão por quilograma de peso corporal do que os adultos e, sob a respiração normal, a respiram 50% a mais de ar por quilograma de peso corporal do que os adultos. Em relação ao processo de crescimento e desenvolvimento, é importante considerar para o futuro estado de saúde da criança, que existe um período crítico de exposição ao poluentes do ar, gerando efeitos duradouros sobre a saúde respiratória.¹⁶

Numerosos estudos em várias condições ambientais indicaram o impacto agudo da poluição atmosférica na função pulmonar e sintomas respiratórios.^{18,19} Segundo West, 2010, existem 3 tipos de mecanismos de deposição das partículas nas vias aéreas capazes de gerar tais danos:

- Impactação: está relacionada a maioria das partículas inaladas através das vias aéreas superiores, ou seja, as partículas permanecem nas mucosas do nariz, da faringe e nas bifurcações das vias aéreas maiores. Uma vez que a partícula se choca com uma superfície úmida, ela se torna aprisionada. Através

da propriedade de remoção das partículas maiores evidenciada no nariz, quase todas com tamanho superior a 20 μm de diâmetro e aproximadamente 95% com 5 μm são filtradas.

- Sedimentação: é o mecanismo de deposição gradual das partículas devido o peso, sendo mais importante para as partículas médias, ou seja, com tamanho entre 1 a 5 μm . Este processo ocorre nas vias aéreas menores, incluindo-se os bronquíolos terminais e respiratórios, pois as partículas encontram menor distância para cair devido a menor dimensão dessas vias aéreas.
- Difusão: é um movimento aleatório de partículas causado pelo seu bombeamento contínuo por moléculas gasosas, sendo um processo significativo com partículas muito pequenas (inferiores a 0,1 μm de diâmetro). A deposição por difusão se dá basicamente nas pequenas vias aéreas e nos alvéolos, onde as distâncias até as paredes são menores. Contudo, algumas deposições por meio deste mecanismo também ocorrem nas vias aéreas maiores.

Outro fator que deve ser considerado é o fato de que muitas partículas inaladas não são depositadas, sendo exaladas no próximo ciclo respiratório. Apenas cerca de 30% das partículas com 0,5 μm de diâmetro permanecem no pulmão durante a respiração normal em repouso. Essas partículas são muito pequenas para se impactarem ou sedimentarem de forma significativa. Além disso, elas são muito grandes para se difundirem. Como resultado, elas não se movem por difusão dos bronquíolos terminais e respiratórios para os alvéolos, o que é a forma pelo qual os gases normalmente se movem nessa região. Durante a

inspiração, partículas pequenas podem se agregar ou absorver água, tornando-se maiores.¹⁴

Uma vez depositados no trato respiratório, as partículas passam a ser removidas pelos mecanismos de defesa. Quando há deposição de grandes partículas, no qual não ultrapassam as narinas, o primeiro mecanismo de defesa será acionado através do espirro. Além desta tentativa de defesa, o sistema pulmonar conta com a tosse e o apurado sistema de funcionamento do aparelho mucociliar. Além disso, as partículas que atingem as porções mais distais das vias aéreas são fagocitadas pelos macrófagos alveolares, sendo por fim, removidas via aparelho mucociliar ou sistema linfático.²

A lâmina normal de muco tem cerca de 5 a 10 μm de espessura e possui uma camada de gel superficial, relativamente consistente e viscosa e, portanto mais eficiente no aprisionamento de partículas depositadas, e a camada sol, mais profunda e menos viscosa, permitindo que os cílios batam com facilidade.¹⁷

O muco contém imunoglobulina IgA, originária das células plasmáticas e do tecido linfoide, sendo considerado um fator importante de defesa contra proteínas estranhas como bactérias e vírus.¹⁷

Os cílios têm de 5 a 7 μm de comprimento e batem de forma sincronizada a uma frequência de 1.000 a 1.500 vezes por minuto. No movimento para frente, as pontas dos cílios entram em contato com a camada gel, propelindo-a e durante a recuperação do movimento, os cílios estão dobrados, mantendo-se

dentro da camada ar, onde a resistência é menor. Dessa forma, o muco se move cerca de 1 mm/min nas vias aéreas pequenas, mas tão rápido como 2 cm/min na traqueia e consegue atingir a faringe, onde as partículas são deglutidas. Todo o processo de remoção brônquica normalmente é completado em menos de 24 horas.¹⁷

O sistema mucociliar termina próximo aos alvéolos, onde as partículas depositadas são engolfadas pelos macrófagos. Essas células ameboides movimentam-se em torno da superfície alveolar. Quando elas fagocitam partículas estranhas, migram para as pequenas vias aéreas, onde as transferem para o sistema mucociliar ou deixam os pulmões através dos linfáticos e do sangue. Quando há grandes concentrações de poeiras ou as partículas são tóxicas, alguns macrófagos migram através das paredes dos bronquíolos respiratórios e se desfazem das partículas nesse local.¹⁷

A história do desenvolvimento e crescimento dos centros urbanos, ou das regiões metropolitanas, tem sido marcada pelo ineficiente investimento em transporte público. Concomitantemente, a esta situação, a utilização de veículos automotores tem sido a principal opção para o transporte de pessoas nas últimas décadas. Por outro lado, os problemas associados ao uso dos automóveis têm efeitos mais sérios, repercutindo em vários campos principalmente o da saúde. Em cidades como São Paulo, 90% da poluição do ar na região metropolitana tem origem na frota de veículos em circulação.³

Estudos recentes sugerem que a poluição do ar, particularmente da que está relacionado com o tráfego, está relacionada com o desenvolvimento da asma e outras doenças alérgicas e respiratórias. Considerando-se que as crianças de até 1 ano de idade passam a maior parte do tempo dentro de casa, a sua principal fonte de exposição é devido a inalação de partículas provenientes de sua própria casa e/ou escola. Além disso, especialmente em países menos desenvolvidos, o efeito da poluição do ar na casa pode ser maior do que a poluição do ar no ambiente externo, devido principalmente ao uso de combustível para cozinhar e aquecimento.^{18, 20}

Uma investigação realizada em uma área rural na Holanda observou uma redução na função respiratória durante 2 semanas após um episódio de exposição a poluentes atmosféricos. Este estudo indicou que o impacto da poluição do ar em crianças asmáticas repercutiu em absenteísmo escolar e em um alto número de hospitalização de uma forma ainda mais significativa naquelas crianças no qual possuíam um baixo nível econômico.¹⁹

A exposição a níveis ambientais de poluição do ar tem sido considerada importante determinante nas admissões em sala de emergência por sintomas respiratórios agudos.^{21, 22}

Na cidade de Atenas, na Grécia, a alta concentração de PM₁₀ (material particulado 10µm) demonstrou uma forte associação com a incidência de asma em crianças. Esses achados indicam que a inalação destas partículas adicionadas a outras variáveis biológicas e ambientais podem induzir na exacerbação de uma crise asmática.²³

Para identificar os efeitos na função pulmonar das alterações da poluição do ar ao longo do dia (período matutino ao vespertino), foi realizado um estudo de corte longitudinal na cidade de Windsor, no Canadá. Foram obtidas medidas repetidas em crianças do ensino fundamental, no qual identificaram a ocorrência de crise asmática no ano antecedente ao estudo. Cada criança registrava seus sintomas em um diário e realizava as manobras de pico de fluxo expiratório (PFE) na parte da manhã e da noite durante 28 dias consecutivos. Concomitantemente a estes dados, foram medidos o $PM_{2,5}$, NO_2 , O_3 e o SO_2 a partir de 2 estações de monitoramento localizados na porção oeste da cidade. Este estudo sugeriu que as crianças com asma apresentaram piora da função pulmonar em concentrações de poluição do ar relativamente baixas mesmo em um período curto de tempo. O $PM_{2,5}$ apresentou ser o poluente com maior significância.²⁴

Em um estudo prospectivo, foram recrutadas 1759 crianças (com média de idade de 10 anos) de escolas em 12 comunidades do sudoeste da Califórnia, nos Estados Unidos da América, onde foram realizadas medidas de função pulmonar anualmente durante 8 anos. Estas comunidades representam uma porção geográfica no qual sofre influência do ozônio, vapor ácidos, dióxido de nitrogênio e material particulado. Como resultado, este estudo demonstrou que os níveis de poluição do ar indicam efeitos crônicos e adversos no desenvolvimento pulmonar das crianças e adolescentes de 10 a 18 anos de idade. Estes efeitos sugerem declínios significativos no VEF_1 das crianças e nos adultos jovens, quando comparados aos poluentes do ar, especificamente o dióxido de nitrogênio, vapores ácidos e elementos de carbono.²⁵

Em um estudo realizado por Braga et. al. (2001)²⁶ demonstrou-se que os adolescentes apresentaram alterações mais significativas do que crianças de 3 a 13 anos de idade. Certamente, este fator se deve ao fato de que os adolescentes costumam permanecer por maior quantidade de horas em ambiente externo. Além disso, fatores psicossociais e as alterações hormonais característicos da adolescência interferem nas funções fisiológicas e consequentemente levam a uma queda da atividade do sistema imunológico.

Pereira G. et al. (2009)²⁷ realizou um estudo constituído por 1.809 crianças com idade entre 0 e 19 anos que apresentaram-se em um departamento de emergência entre 2002 e 2006, na cidade de Perth, Austrália. Todos eram residentes de uma área metropolitana no sudoeste da cidade, no qual é cortada por grandes auto-estradas. Os resultados indicam que o congestionamento no tráfego de veículos na região possa ser um dos aspectos mais importantes de exposições aos poluentes atmosféricos e na exacerbação da asma em adolescentes, embora seja negligenciado em vários outros trabalhos científicos.

Nos Países Baixos (com aproximadamente 16 milhões de habitantes, cerca de 140.000 mortes por ano, e uma concentração média de $PM_{10} > 30 \mu m/m^3$), o número de mortes atribuíveis ao dia-a-dia em variação ao PM_{10} se traduz em pelo menos 2.100 mortes em adultos (quase o dobro do número de mortes por acidentes de trânsito).²⁸

Um estudo prospectivo realizado em 3 cidades latino americanas (Cidade do México, Santiago e São Paulo) demonstrou que nos próximos 20 anos, os

efeitos da poluição do ar irão acarretar 156.000 mortes, 4 milhões de casos de asma com um custo estimado de 21 a 165 bilhões de dólares.²⁹

Entre os idosos, há uma forte associação entre a poluição atmosférica com aumentos de morbidade e de mortalidade por doenças respiratórias e/ou por doenças cardiovasculares.³⁰

Martins LC et. al. (2002)³¹ realizaram um estudo ecológico de séries temporais em pronto socorro médico de um hospital-escola no Município de São Paulo. Foi verificada a relação entre os dados diários de atendimentos por pneumonia e gripe para idosos, os dados diários de CO, O₃, SO₂, NO₂ e PM₁₀ e dados diários de temperatura e umidade relativa do ar. Este trabalho demonstrou uma associação entre SO₂ e O₃ e atendimentos no pronto-socorro por pneumonia e gripe em idosos. SO₂ foi considerado o único poluente atmosférico que mesmo sem ultrapassar os limites aceitáveis de qualidade do ar, demonstrou correlação com os atendimentos por pneumonia e gripe no grupo avaliado, já que se trata de um irritante respiratório, que causa decréscimo da função pulmonar e afeta principalmente pessoas com doenças respiratórias prévias. Já o O₃, alcança as partes mais profundas do pulmão, causando danos mais severos também em pessoas com problemas respiratórios prévios.

A tosse crônica é comum em pessoas com 70 anos ou mais e a prevalência aumenta ainda mais com a idade. Além disso, tosse crônica também pode ser o primeiro sintoma no desenvolvimento de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Pouco se sabe sobre o efeito de redução de poluentes do ar em sintomas respiratórios crônicos e doenças, incluindo tosse crônica. Um estudo

de coorte realizado na Alemanha, demonstrou que o declínio dos níveis de poluição do ar podem alterar a prevalência de sintomas respiratórios, como a tosse crônica, e de doenças pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) em mulheres idosas.³²

1.1.4.2 Outros sistemas

Apesar de relativamente recente, há evidências consideráveis de que a exposição materna à poluição do ar durante a gravidez está associada a efeitos adversos no nascimento. Além disso, encontramos vários trabalhos científicos relatando que a exposição pré-natal das populações para níveis prevalentes da poluição do ar está associada ao baixo peso ao nascer e prematuridade.^{33,}

20

O material particulado fino ($PM_{2,5}$) possui diâmetro menor que $2,5 \mu m$ e é considerado a maior causa de mortalidade por doenças cardiovasculares em todo o mundo. Embora o $PM_{2,5}$ está relacionado ao alto risco de doença cardiovascular, fontes específicas (por exemplo, o tráfego urbano), os componentes químicos e gases (como o ozônio) contribuem para tais repercussões na saúde humana. O mecanismo de desequilíbrio no tônus vasomotor e uma resposta hipertensiva podem desencadear eventos cardíacos isquêmicos e contribuir para o risco de insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral.³⁴

Uma exposição contínua de 2 horas em uma ambiente com altas concentrações de $PM_{2,5}$ associado a ozônio afeta diretamente a pressão

diastólica e desencadeia um efeito vasoconstrictor em adultos saudáveis.³⁵ A exaustão de diesel, uma mistura de partículas e gases, também pode instigar a disfunção endotelial e a isquemia cardíaca.³⁶

Muitos estudos tem demonstrado a forte associação entre a poluição do ar e o aumento da pressão arterial na população adulta. Partículas finas ($PM_{2,5}$) no ar ambiente tem sido implicada na patogênese da doença cardiovascular. Estudos recentes têm sugerido que este risco é rápido e ocorre dentro de horas ou dias de exposição a níveis elevados de $PM_{2,5}$.³⁷

Segundo Rioux et. al. (2010)³⁸ três caminhos biológicos inter-relacionados têm sido descritos para explicar os mecanismos de ação entre os poluentes inalados, o pulmão e o coração:

- Perturbação do sistema nervoso autônomo através de receptores irritantes e reflexos nervosos pulmonares;
- Estimulação de processos pró-inflamatórios e pró-oxidantes no pulmão;
- Translocação de partículas ultrafinas ($<0,1 \mu m$ de diâmetro aerodinâmico) que compõem a poluição do ar diretamente na circulação sistêmica, eventualmente alcançando o sistema cardiovascular.

Este trabalho surgiu através da demanda de expansão da capacidade produtiva de uma mineradora de ferro no sul do estado do Espírito Santo, associado a preocupação das comunidades ao entorno da empresa em entender a relação entre a qualidade do ar e a saúde das pessoas da região.

Sendo assim, houve uma exigência legal do órgão ambiental para realização deste estudo.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar os efeitos da poluição do ar sobre a função respiratória de crianças e adolescentes nos Municípios de Anchieta e Guarapari (ES).

2.2 Específico

Comparar valores mensais médios dos parâmetros de espirometria de crianças que estão dentro da área de influência das emissões industriais com os que estão fora de influência das emissões industriais.

Avaliar o efeito da concentração de material particulado nas medidas mensais de parâmetros de espirometria ao longo do período de 12 meses em todos os participantes e no grupo de crianças e adolescentes com doença identificada através do questionário ISAAC.

3. MÉTODOS

3. MÉTODOS

Este estudo é parte de um projeto de pesquisa realizado nas cidades de Anchieta e Guarapari (ES) intitulado “Avaliação do Impacto da Poluição do Ar em Anchieta/ES”, aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projeto de Pesquisa (CAPPesq) em 04 de abril de 2008, cujo número de registro 0124/08.

3.1. Desenho do estudo

Estudo de painel da função respiratória de crianças e adolescentes avaliada através de espirometrias mensais. Em estudos de painéis são realizadas coletas repetidas para compor séries temporais para cada indivíduo que faz parte do estudo.³⁹ Dessa forma obtêm-se, painéis de indivíduos com várias medidas ao longo do tempo. Esses estudos podem ser conduzidos em subgrupos mais suscetíveis da população, como crianças, idosos ou aqueles portadores de doenças prévias. Cada indivíduo serve como seu próprio controle eliminando a necessidade de construção de um grupo controle.

Pode-se enumerar como pontos favoráveis a realização do estudo de painel:

- 1) Controle direto do processo de coleta dos dados dos desfechos de saúde, possibilitando uma maior acurácia;
- 2) Flexibilidade de coincidir a população do estudo com os locais de monitoramento da poluição do ar para a medição da exposição ou para cada indivíduo através de monitores individuais;
- 3) Habilidade de direcionar o estudo para grupos de populações que possuam características específicas de interesse;

- 4) Possibilidade de obter informações individuais como história de tabagismo, características sócio-econômicas e padrões de atividade, que podem ser relevantes para avaliar a exposição à poluição.³⁸

Os estudos de painel podem contribuir para um melhor entendimento dos efeitos e riscos da poluição do ar sobre a saúde humana. Além disso, permitem uma investigação mais detalhada sobre o impacto, específico da poluição do ar, na função pulmonar da criança.⁴⁰

3.2. Local do estudo

O estado do Espírito Santo está localizado na região sudeste do Brasil. O município de Anchieta está localizado no litoral sul do estado do Espírito Santo, latitude 20,8º sul e longitude 40,64º oeste. Em 2008, a população foi estimada em 20.144 habitantes, dos quais 25% com até 15 anos de idade. De 1991 a 2010, Anchieta teve um aumento de aproximadamente 8.900 habitantes. Sua área é de 409 Km².^{41,42} O produto interno bruto (PIB) do município é predominantemente industrial. No município está em atividade uma mineradora - pelletizadora que possui 3 usinas de pelletização de minério de ferro em funcionamento e uma quarta usina com previsão de iniciar suas atividades em 2014, responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos na região. O município recebe ainda royalties pela extração de petróleo e há atuação industrial da Petrobrás no tratamento de gás natural.

O município de Guarapari também está localizado no litoral sul do estado do Espírito Santo, latitude 20,65º. sul e longitude 40,51º. oeste. Sua população estimada em 2008 foi 103.113 habitantes, com densidade demográfica de 174,1 habitantes por Km² e área de 594 Km². De 1991 a 2010, houve um aumento de aproximadamente 44.000 habitantes no município. O produto interno bruto (PIB) é baseado na área de serviços, destacando-se o turismo, ficando assim distribuído: 18,03% indústria, 3,68% agropecuária, 78,27% serviços.^{41,42}

E em relação à emissão de poluentes do ar no município de Anchieta (ES), além daquela produzida pelas atividades da indústria, a frota de veículos automotores do município, uma fonte relevante de emissão de poluentes atmosféricos, estava assim composta: 1.500 veículos leves, 244 caminhões e caminhonetes, 13 tratores, 19 ônibus, 25 micro-ônibus e 621 motocicletas e motonetas (1 veículo para cada 9 habitantes).⁴³ Além do grande número de veículos, a idade da frota é outro fator agravante da poluição. Essa é uma proporção baixa quando comparada com aquelas encontradas nos grandes centros urbanos.

Fonte: IJSN. Jones dos Santos Neves, 2013.

Figura 2 – Localização geográfica dos municípios de Guarapari e Anchieta no Estado do Espírito Santo

Nos últimos anos, a região estudada passou por um crescimento populacional significativo e grande parte deste desenvolvimento se deu através da expansão produtiva por parte da mineradora de ferro a fim de atender a demanda de exportação deste produto para países como a China.

3.3. Definição das áreas de exposição

Baseado em um estudo de dispersão de poluentes realizado por Leite⁴⁴ em 2007 na região, foram definidos dois grupos em função das condições de exposição das crianças e adolescentes às emissões de poluentes atmosféricos por parte de indústria mineradora de ferro localizada no município de Anchieta (ES) próxima à divisa deste município com o município de Guarapari. Como área exposta definiu-se as comunidades de Mãe Bá e Recanto do Sol, ambas no município de Anchieta, e como área não exposta, definiu-se a comunidade de Condados, no município de Guarapari.

Fonte: Leite LAS, 2007.

Figura 3 – Dispersão de emissão de poluentes pela mineradora de ferro

A comunidade de Condados fica localizada no extremo sul do município de Guarapari, fora da abrangência da pluma de dispersão de poluentes atmosféricos. A comunidade de Mãe Bá situa-se a nordeste da empresa mineradora de ferro e a comunidade de Recanto do Sol situa-se a sudoeste da empresa mineradora de ferro, estando ambas influenciadas pela pluma de ventos.

Fonte: Leite LAS, 2007.

Figura 4 – Localização geográfica das comunidades envolvidas no estudo

Na região do estudo, há redes de monitoramento na área de exposição aos poluentes atmosféricos, gerenciada pela empresa mineradora e pelo órgão estadual ambiental.

3.4. Amostra

3.4.1. Cálculo da amostra

No ano de 2006, o município de Anchieta tinha aproximadamente 6.000 jovens na faixa etária de 7 a 19 anos.⁴³ Segundo a classificação utilizada pela Organização Mundial de Saúde, realizou-se um cálculo baseado na prevalência de doenças respiratórias no município de Anchieta, ou seja, cerca de 20% para a faixa etária escolhida (7 a 19 anos), para um nível de significância de 5% e o poder de 80% para um teste bicaudal, assumindo uma perda de aproximadamente 20%.

Dessa forma, estabeleceu-se que seriam necessários 100 participantes. Considerando-se uma perda de 20% durante o desenvolvimento do estudo, considerou-se um total de 120 participantes.

A amostra do estudo foi composta por 121 crianças e adolescentes, entre 8 e 16 anos de idade tendo como unidade geográfica as áreas de abrangência do programa de saúde da família nos municípios de Anchieta e Guarapari.

3.4.2. Seleção da amostra

Foi definido que os exames de espirometria seriam realizados nas escolas das comunidades envolvidas no estudo, conforme definição de exposição. Foi realizado um sorteio aleatório simples, com os nomes das crianças que estavam matriculadas nas escolas e que atendiam aos critérios de inclusão para participação do estudo (ter de 8 a 16 anos e residir nas áreas de abrangência do estudo definidas como exposta e não exposta).

Todas as crianças sorteadas que os pais ou responsáveis concordaram em participar do estudo, através do preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido, foram aprovados para a realização de teste de espirometria para “triagem”.

Foram sorteadas, a princípio, 54 crianças de Mãe Bá, 15 crianças de Recanto do Sol e 52 crianças de Condados.

Nesta “triagem” realizada no mês de Abril de 2008, os alunos deveriam realizar um teste de espirometria onde os dois maiores valores de VEF₁ e CVF diferem menos de 0,2 L com manobras aceitáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelo I Consenso Brasileiro sobre Espirometria, 1996. As crianças e adolescentes, mesmo que atendessem aos critérios elucidados acima, mas não conseguiram realizar o teste de forma reprodutível e com manobras aceitáveis, repetiram os testes no mês de Maio de 2008.

O estudo foi iniciado com 120 participantes, das 2 áreas de abrangência. A presença de doença pré-existente não foi considerada motivo para exclusão do

participante, excetuando-se as condições clínicas que impeçam a realização dos testes necessários para a avaliação da função pulmonar dos participantes.

Os dados dos exames de espirometria foram considerados na análise estatística do estudo até o momento de sua desistência.

3.4.3. Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu no período de Maio de 2008 a Maio de 2009 nas escolas das comunidades envolvidas no estudo.

As crianças e adolescentes que participaram do estudo foram capazes de reproduzir o teste de forma aceitável de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo I Consenso Brasileiro sobre Espirometria (1996).⁴⁵

As espirometrias eram realizadas mensalmente nas escolas das comunidades envolvidas no estudo, e geralmente agendadas nas 2 primeiras semanas do mês. Eram realizados aproximadamente 20 exames, no período matutino ou vespertino, dependendo do horário de aula das crianças participantes do estudo. Informações como medidas de peso e altura foram realizadas mensalmente durante o período de coleta de dados. As crianças e adolescentes deveriam realizar 3 testes considerados “bons” de acordo com os parâmetros de reprodutibilidade e aceitabilidade estabelecidos pelo I Consenso de Espirometria Brasileiro, onde elegemos o melhor valor como o teste de referência para o mês para cada participante.

Quando uma criança faltava ao dia letivo correspondente ao dia do exame de espirometria, realizávamos nova programação de data para retornar a escola ou encontrávamos com as crianças em suas residências.

Nos meses de Julho de 2008 e Janeiro de 2009, equivalente a férias escolares, foi organizado um dia recreativo, no qual as crianças realizaram os testes de espirometria.

O estudo foi realizado com a estruturação de uma equipe de agentes de saúde que buscavam informações juntamente à criança e sua família quanto a sua condição de saúde e os monitoravam durante o período do estudo.

No período de coleta de dados, as crianças e adolescentes participaram de encontros mensais recreativos, a fim de receberem instruções sobre a realização dos testes e feedback sobre a participação do estudo. Esta foi uma estratégia desenvolvida pelos pesquisadores para manutenção das crianças no estudo.

Foi utilizado um espirômetro modelo MICROLAB 3500 (ML-3500) da empresa MICRO MEDICAL de procedência inglesa. Os parâmetros estabelecidos para o estudo foram Volume Expiratório Forçado (VEF_1), Capacidade Vital Forçada (CVF), Pico de Fluxo Expiratório (PFE), Razão entre Volume Expiratório Forçado e Capacidade Vital Forçada (VEF_1/CVF), Fluxo Expiratório Forçado de 25 e 75% da manobra de CVF ($FEF_{25-75\%}$) e Tempo de Expiração Forçada (TEF). Foram utilizados os resultados dos exames de espirometria para o valor medido comparando ao valor predito para cada criança e adolescente.

O teste de função pulmonar constitui uma importante aplicação prática da fisiologia respiratória. Esses testes são úteis para diagnóstico laboratorial em âmbito hospitalar ou em consultórios médicos, como forma de avaliação da incapacidade pulmonar em propósitos relacionados a seguros e compensações trabalhistas e em pesquisas epidemiológicas para avaliação ou documentação da prevalência de doenças na comunidade.⁴⁶

A espirometria é um teste fisiológico que mede “como e quanto” um indivíduo inala e exala os volumes de ar em uma função de tempo. A espirometria auxilia na prevenção e permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios.

Para a realização do teste é necessária à compreensão e a participação ativa do paciente, cuidados com a calibração do equipamento e emprego de técnicas padronizadas aplicadas por profissionais treinados. Os valores obtidos devem ser sempre comparados a valores previstos adequados para a população avaliada.

A espirometria é um teste que auxilia na prevenção e permite o diagnóstico e a quantificação dos distúrbios ventilatórios. As medidas da função pulmonar da espirometria ou pico de fluxo expiratório (PFE), sintomas respiratórios agudos, exacerbações de episódios de asma, baseados em relatos de crise de asma ou aumento do uso de broncodilatadores, absenteísmo escolar de crianças e faltas ao trabalho devido à doença têm sido frequentemente investigadas e associadas com diversos poluentes atmosféricos.⁴⁰

Durante a respiração, o movimento de ar que entra e sai dos pulmões gera volumes pulmonares no qual devem ser assim entendidos:

- Volume corrente (VC): volume de gás inspirado ou expirado a cada respiração.
- Volume residual (VR): volume de gás que permanece nos pulmões ao fim de uma expiração forçada máxima.
- Volume de reserva inspiratória (VRI): é a quantidade máxima de ar que pode ser inspirada a partir do nível inspiratório final.
- Volume de reserva expiratória (VRE): é o volume máximo de ar que pode ser expirado a partir do nível final da expiração.

A associação destes volumes pulmonares determinam as capacidades pulmonares.⁴⁷ Logo, temos:

- Capacidade vital (CV): é o volume máximo que pode ser expirado após uma inspiração máxima. $CV = VRE + VC + VRI$.
- Capacidade inspiratória (CI): é o volume de ar que pode ser inspirado a partir do nível expiratório de repouso. $CI = VRI + VC$.
- Capacidade residual funcional (CRF): volume de ar que permanece nos pulmões ao nível máximo da posição expiratória de repouso. $CRF = VR + VRE$.
- Capacidade pulmonar total (CPT): é a quantidade de ar contida no pulmão ao fim de uma inspiração máxima. $CPT = CV + VR$.

Com o auxílio do espirômetro é possível obter a curva de fluxo-volume utilizada para analisar graficamente o fluxo gerado durante a manobra de capacidade vital forçada (CVF), plotando volume e fluxo.⁴⁶

A técnica para a realização da manobra de espirometria consiste em inspirar até a CPT e, após, expirar de maneira forçada e rápida até o VR; após, inspira-se rapidamente do VR até a CPT novamente. Logo após o início do movimento expiratório, o fluxo chega rapidamente ao máximo possível, obtendo-se o pico de fluxo expiratório. A seguir ocorre a redução progressiva deste fluxo (à medida que se aproxima do VR). O primeiro terço (1/3) da curva expiratória depende, principalmente, do esforço expiratório do paciente e consequentemente de sua colaboração e entendimento da técnica. Os últimos dois terços (2/3) da curva expiratória depende principalmente da retração elástica pulmonar.⁴⁵

O volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) é a quantidade de ar eliminada no primeiro segundo da manobra forçada. Esta é a medida da função pulmonar de maior relevância clínica, devido a sua aplicabilidade.

Segundo o Consenso Brasileiro de Espirometria é importante definirmos também:

- Pico de fluxo expiratório (PFE): é o fluxo máximo atingido logo após o início da CVF. É considerado um bom indicador do grau de colaboração do paciente, pois depende da vontade e entendimento da técnica.
- Fluxo médio expiratório forçado ($FEF_{25-75\%}$): fluxo obtido entre os 25% e 75% da curva de CVF. Os fluxos de $FEF_{25\%}$, $FEF_{50\%}$ e $FEF_{75\%}$ medem o

fluxo expiratório instantâneo nas marcas dos 25%, 50% e 75% da curva fluxo-volume da CVF. Esses fluxos não são essenciais na interpretação do exame de espirometria, devido a sua variabilidade. Porém, a relação $FEF_{25-75\%}/CVF$ pode auxiliar na definição de distúrbio ventilatório obstrutivo quando outros parâmetros, como VEF_1 , CVF e a relação VEF_1/CVF estiverem normais.

Alguns detalhes são importantes de ser controlados para a realização do teste de espirometria com qualidade e confiabilidade, tais como: a manutenção do equipamento, calibração diária, treinamento de pessoal e manutenção dos registros dos exames.

Antes de realizar o teste, o indivíduo deve repousar de 5 a 10 minutos. O procedimento deve ser descrito cuidadosamente com antecedência, a fim de que o paciente possa compreender a manobra corretamente, sendo capaz de reproduzi-la. O paciente deve ser instruído para não utilizar broncodilatador por um período de no mínimo 4 horas. Além disso, deve-se evitar o uso de café, chá e álcool. Devem ser registrados dados como idade, sexo, peso e altura que serão utilizados na obtenção dos valores previstos.

O início do teste deve ser abrupto e sem hesitação. Para adultos, a duração da expiração forçada deve ser de no mínimo 6 segundo, aceitando-se valores menores que 6 segundos para as crianças e adultos jovens.

São realizadas repetições da manobra até a obtenção de 3 curvas aceitáveis e 2 reprodutíveis, ou seja, para a aceitação final do exame, deve-se preencher os critérios de reprodutibilidade, onde os dois maiores valores de VEF_1 e CVF

devem diferir menos de 0,15 L. Os critérios de reprodutibilidade só devem ser aplicados após a obtenção das manobras aceitáveis.⁴⁵

3.5. Poluentes e variáveis atmosféricas

As estações de monitoramento do ar presentes na região são controladas pelo órgão ambiental estadual (IEMA) e pela mineradora-pelotizadora de ferro. Apenas o PM₁₀ era aferido de forma contínua.

Para a obtenção das medidas de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram consideradas as informações provenientes de duas redes de monitoramento, localizadas em Anchieta nas comunidades de Ubu e Mãe Bá.

A média de 24 horas de PM₁₀ (µg/m³) para cada estação foi considerada como a concentração média diária do poluente. A média diária das estações foi considerada como concentração média diária da área estudada.

3.6. Instrumentos de avaliação

3.6.1. ISAAC

Em 1991, foi desenvolvido o protocolo International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), buscando-se maximizar o valor das pesquisas em asma, rinite e eczema, em crianças e adolescentes, ao se promover uma metodologia padronizada para facilitar os estudos colaborativos internacionais. O ISAAC teve os seguintes objetivos, na sua primeira fase: descrever a prevalência e a gravidade de asma, rinite e eczema em crianças e

adolescentes habitando diferentes localidades do mundo; realizar comparações dentro de e entre os vários países e regiões; obter medidas basais para a avaliação de futuras tendências na prevalência e na gravidade dessas doenças; e prover estrutura para posteriores estudos etiológicos em genética, estilo de vida, cuidados médicos e fatores ambientais relacionados a essas doenças. Em sua segunda fase, procurou-se analisar medidas objetivas de asma e alergias, comparando essas medidas entre os diferentes centros 1061 envolvidos, além de explorar novas hipóteses relacionadas ao desenvolvimento dessas doenças. Na sua terceira fase, buscou-se avaliar as tendências da prevalência de asma, rinite e eczema nos centros participantes da primeira fase, inserir novos centros que não participaram daquela fase e identificar possíveis fatores relacionados a essas tendências.⁴⁸

No Brasil, o ISAAC foi utilizado em vários estudos epidemiológicos devido a fácil aplicação, baixo custo e validação de uma versão em português composta por questionário de três módulos, onde cada um dos módulos possui seis perguntas. O primeiro módulo indica a presença de asma, o segundo módulo trata de alergias respiratórias e o terceiro módulo de infecções cutâneas. Solé et al. (2006) realizaram um estudo no qual participaram 23.422 pais de crianças com idade de 6 a 7 anos e 58.144 adolescentes de 13 a 14 anos, no qual responderam o questionário ISAAC. Obtiveram como resultado deste estudo, a variação da prevalência para asma de 19 a 24,3%, em diversas cidades brasileiras. Outro estudo também realizado por Solé et al (2006), no município de Santo André, São Paulo, participaram adolescentes (13-14 anos) e responsáveis por escolares (6-7 anos) no qual responderam o questionário

escrito padrão do ISAAC. Os questionários foram preenchidos por 2.180 responsáveis por escolares e 3.231 adolescentes onde a prevalência de asma variou de 4,9% a 26,8% para os escolares, e de 8,9% a 27,9% para os adolescentes.

Na América do Sul, participaram de um estudo multicêntrico em cinco países com a participação de 27.182 crianças (6-7 anos de idade) e 43.362 adolescentes (com idades 13-14 anos). Houve diferenças significativas na prevalência atual de sintomas respiratórios indicativos de asma entre os países. A prevalência de sintomas respiratórios relacionados com a asma em crianças na América do Sul foi considerada alta, porém bastante semelhante ao relatado de países industrializados.⁴⁹

Em mais de vinte anos, ISAAC envolvido através de estudos aproximadamente 2 milhões crianças, 306 centros de investigação em 105 países, em 53 diferentes línguas, resultando em mais de 500 publicações.

Definimos o grupo ISAAC positivo, aqueles participantes no qual apresentavam dados indicadores da presença de asma, alergias respiratórias e infecções cutâneas (Anexo B).

3.6.2. Medidas de avaliação individual

Mensalmente as crianças eram aferidas em relação a estatura (cm) e ao peso (Kg) através da balança antropométrica (Balança Mecânica Adulta R-110 CH Welmy). Anteriormente a cada medida, a balança era calibrada.

Os registros dessas medidas foram usados para o cálculo do índice de massa corpórea (IMC – Kg/m^2) de cada participante.

Anteriormente a realização dos testes de espirometria, as crianças e adolescentes respondiam a um diário de sintomas, no qual registrava a presença de falta de ar, tosse seca, chiado, coriza, tosse produtiva, febre, outros sintomas e falta na escola (Anexo C). Baseados neste registro, utilizamos as informações sobre a presença de tosse produtiva e coriza em nossas análises.

3.7. Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas de todas variáveis do estudo. As variáveis quantitativas foram apresentadas em termos de seus valores de tendência central e de dispersão. Para testar a homogeneidade das variâncias e a aderência à curva normal foram realizados os testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. As variáveis qualitativas foram apresentadas em termos de seus valores absolutos e relativos.⁵⁰

Em uma primeira abordagem as médias dos parâmetros espirométricos para cada grupo de participantes (exposto e não exposto às emissões industriais) foram comparadas, mês a mês, utilizando-se teste t-student.

Em uma segunda abordagem foram utilizados os modelos de regressão linear mista para avaliar os efeitos da variação de área na concentração de PM_{10} sobre os parâmetros espirométricos. Consideramos os dados positivos apresentados no questionário ISAAC no qual sugere que as crianças e adolescentes apresentavam quadros de asma, alergias respiratórias e afecções cutâneas. Foram incluídas, nestes modelos como variáveis de controle, as medidas de temperatura e umidade (médias móveis de 2 dias) e a presença de tosse produtiva e coriza (variáveis dicotômicas).

A presença de coriza é indicadora de alteração de vias aéreas superiores, enquanto que a tosse produtiva indicativa de infecção em vias aéreas inferiores.

Como os efeitos à exposição à poluição do ar e os indicadores espirométrica podem se dar no mesmo dia em que ocorrem as exposição, assim como nos dias subsequentes, estimamos os efeitos no dia da exposição e até 4 dias após. Efeitos acumulados foram avaliados através da utilização de médias móveis de PM_{10} 2, 3, 4 e 5 dias. Os efeitos foram estimados para uma variação de um interquartil na concentração de área do material particulado. Como utilizamos a relação entre os valores medidos e preditos dos valores de espirometria como variáveis dependentes em modelos específicos não se fizeram necessária a inclusão dos modelos, de medidas antropométricas dos participantes do estudo.

Para estas análises foram utilizados os pacotes estatísticos SPLUS 5.0 e SPSS versão 20.0

3.8. Aspectos éticos

Os responsáveis pelos estudantes envolvidos no estudo permitiram a participação de cada criança e adolescente através do preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo D).

O trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projeto de Pesquisa (CAPPesq) em 04 de abril de 2008, cujo número de registro 0124/08.

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

As pessoas que vivem em áreas sob a influência das emissões industriais estavam mais interessadas no estudo e concordaram em participar mais fácil do que aquelas que vivem fora da influência da poluição da mineração. Iniciamos o estudo com 120 participantes, sendo 68 de áreas expostas e 52 da área não exposta.

Durante o período do estudo, 29 participantes retiraram-se do estudo, 18 deles sendo da área exposta. O maior número de casos ocorreu, em agosto de 2008 (n = 10). (Figura 5).

Figura 5 – Número de perdas de participantes por área durante o estudo.

Estes dois grupos foram semelhantes em termos de peso, altura e idade. (teste t Student – $p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise descritiva de peso, altura, idade e IMC dos participantes do estudo no início e no final de acordo com a área de moradia.

Características	Início do Estudo ¹		Final do Estudo ¹	
	<i>Média (DP)</i>	<i>Min. – Max.</i>	<i>Média (DP)</i>	<i>Min. – Max.</i>
Peso (Kg)	46,91 (12,59)	25-111	47,36 (10,67)	30-89
• <i>Área exposta</i>	46,04 (11,14)	25-88	46,78 (11,36)	31-89
• <i>Área não exposta</i>	48,05 (14,31)	27-111	46,94 (9,95)	30-74
Altura (cm)	150,62 (12,15)	122-181	157,60 (10,26)	135-191
• <i>Área exposta</i>	148,83 (11,53)	122-181	156,40 (10,16)	137-191
• <i>Área não exposta</i>	153,09 (12,63)	122-179	159,05(10,32)	135-183
Idade (anos)	11,54 (1,94)	08-16	13,02 (1,85)	09-17
• <i>Área exposta</i>	11,13 (1,83)	08-16	12,87 (1,95)	09-17
• <i>Área não exposta</i>	12,19 (1,77)	09-15	13,55 (1,73)	10-16
IMC	20,27 (3,62)	13,84-36,66	19,31(4,91)	11,43-37,04
• <i>Área exposta</i>	20,29 (3,27)	13,84-31,93	19,21 (5,09)	11,83-37,52
• <i>Área não exposta</i>	20,22 (4,05)	15,49-36,66	18,73 (4,21)	12,4-29,62

* teste t de Student

Em relação à idade, 42,11% dos participantes tinham menos de 10 anos no início do estudo. No final do estudo, este valor diminuiu para 17,88% dos participantes.

A tabela 3 apresenta a distribuição por sexo dos participantes e sua distribuição por área de exposição. Observamos que a maioria dos participantes do estudo são do sexo feminino, apresentando cerca de 52% no início do estudo e aproximadamente 55% no final do estudo.

No início do estudo, a maior parte dos participantes do estudo, tanto da área exposta quanto da área não exposta, foi classificada como “normal” em relação ao IMC. No final do estudo, os grupos de IMC com maior número de participantes foram de “baixo peso” e “normal”. (Tabela 2)

Tabela 3 – Número absoluto e percentual da distribuição dos participantes por idade e classificação do IMC.

Características	Início do Estudo		Final do Estudo	
	<i>Exposta</i>	<i>Não Exposta</i>	<i>Exposta</i>	<i>Não Exposta</i>
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Distribuição por Idade				
• ≤ 10 anos	12 (18,46)	12 (21,81)	06 (12,76)	02 (5,12)
• > 11 anos	53 (81,53)	43 (78,18)	41 (87,23)	37 (94,87)

Distribuição por
Sexo

• <i>Feminino</i>	38 (60,31)	31 (53,44)	26 (55,32)	22 (56,41)
• <i>Masculino</i>	25 (39,69)	27 (46,56)	21 (44,68)	17 (43,59)

Distribuição por**IMC**

• <i>Baixo peso</i>	13 (19,11)	11 (21,15)	16 (34,04)	17 (43,58)
• <i>Normal</i>	45 (66,17)	30 (57,69)	22 (46,80)	17 (43,58)
• <i>Sobrepeso</i>	8 (11,76)	7 (13,46)	6 (12,76)	3 (7,69)
• <i>Obeso</i>	2 (2,94)	4 (7,69)	3 (6,38)	2 (5,12)

* teste t de Student

A Tabela 4 mostra a análise descritiva do material particulado e das variáveis meteorológicas ao longo do período de estudo. A média de PM₁₀ registrada na região do estudo esteve abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos no Brasil (50µg/m³). A região é úmida e quente.

Tabela 4 - Análises descritivas de temperatura, umidade relativa e PM₁₀ e suas respectivas médias, desvio padrão, mínimo, máximo e percentis.

		Temperatura média	Umidade média	PM ₁₀ Mãebá	PM ₁₀ Ubú	PM ₁₀ média
N	Válidos	36.520	36.520	36.520	36.520	36.520
Média		20,16	77,94	31,51	32,46	31,98
Desvio padrão		2,78	5,79	14,03	14,01	11,93
Mínimo		13,14	62,31	7,90	6,80	9,20
Máximo		25,14	93,14	104,80	97,70	95,10
Percentil	25	18,03	73,77	22,90	22,40	23,40
	50	20,58	78,07	28,80	29,60	30,40
	75	22,55	81,80	37,00	38,50	38,10

NOTA: PM₁₀ é material particulado menor que 10 µm de diâmetro.

Foram encontradas 13 crianças com alteração dos resultados de espirometria na amostra de 86 crianças que finalizaram o estudo. Consideramos as crianças com dados alterados aquelas no qual obtiveram valores inferiores a 80% do previsto para os parâmetros VEF1 e CVF. Dentre as crianças com alteração no resultado, 8 residiam na área exposta e 5 na área não exposta.

4.1. - Comparação de médias mensais de parâmetros espirométricos

A Figura 6 mostra as comparações de médias mensais de VEF₁, CVF e da relação VEF₁/CVF.

* e ** - teste t de Student

Figura 6 - Valores médios mensais e intervalos de confiança 95% de VEF₁, CVF e VEF₁/CVF em ambos os grupos ao longo do período de estudo.

Medidas de CVF e VEF_1 não mostraram diferenças entre os dois grupos. Os valores se apresentaram muito próximos e de variações aleatórias. A relação de FEV_1/CVF foi, em média, menor entre aqueles que vivem na área exposta, quando comparado com aqueles que vivem em Condados. Observamos diferenças estatisticamente significativas em relação VEF_1/CVF entre os dois grupos em novembro e dezembro.

Em relação aos resultados do $FEF_{25-75\%}$, observou-se que crianças e adolescentes da área não exposta apresentaram valores médios superiores aos observados entre os expostos, apesar da falta de significância estatística. Medições do PFE não apresentaram um padrão único de resultados, com valores médios do grupo exposto, sendo menores do que as observadas para os participantes não expostos na primeira metade do período de estudo e crescente nos últimos meses. Em abril, observou-se a maior diferença com significância estatística. Os resultados do TEF mostraram que, em geral, os valores médios foram maiores para os estudantes da área exposta quando comparados com aqueles de Condados e que em quatro meses que estas diferenças foram estatisticamente significantes (Figura 7).

* teste t de Student

Figura 7 - Valores médios mensais e intervalos de confiança 95% de FEF_{25-75%}, TEF e PFE em ambos os grupos ao longo do período de estudo.

4.2. - Análise de medidas repetidas

Foram realizadas análises de medidas repetidas para avaliar a correlação da variação diária de PM_{10} , ($14,70 \mu g/m^3$) com as variáveis espirométricas. A Figura 9 mostra o efeito do PM_{10} na relação entre o VEF_1 medido e o predito.

Figura 8 – Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM_{10} sobre o VEF_1 (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC positivos

Nos dois grupos observa-se um efeito inversamente proporcional entre a exposição ao material particulado e o VEF_1 . Na análise realizada com todos os participantes há uma redução gradual do VEF_1 desde o dia da exposição (dia zero) que se mantém estável à partir do segundo até o quarto dias pós-exposição. O efeito acumulado variou de 0,2 a 2% de redução no parâmetro.

A Figura 9 mostra o efeito do PM_{10} na relação entre o CVF medido e o predito.

Figura 9 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM_{10} sobre o CVF (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC positivos

Em relação ao CVF observamos que o efeito da exposição leva à uma redução da CVF após o segundo dia na totalidade dos participantes sendo que, neste parâmetro, o grupo ISSAC positivo parece ser mais susceptível aos efeitos do PM_{10} .

Na relação VEF_1/CVF predomina a relação inversa com o PM_{10} (Figura 10).

Figura 10 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM_{10} sobre a relação VEF_1/CVF no grupo todo e nos ISAAC positivos

Neste parâmetro os efeitos foram mais expressivos na análise do grupo todo quando comparado com os ISAAC positivo, no efeito acumulado.

Em relação ao efeito sobre o PFE (Figura 11) observamos também um efeito negativo, com o poluente levando à redução deste parâmetro.

Figura 11 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM_{10} sobre a relação PFE (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC positivos

Tanto no grupo total quanto nos ISAAC positivos há uma redução do PFE no mesmo dia em que aumenta poluição (dia 0), com uma redução gradual ao longo dos dias subsequentes à exposição. Neste parâmetro, os ISAAC positivo parecem ser mais susceptíveis, com o efeito acumulado de cinco dias podendo atingir uma redução de, até, 6%.

A Figura 12 apresenta o efeito da variação do PM_{10} sobre o tempo expiratório forçado.

Figura 12 - Efeito diário e acumulado e estrutura de defasagem da exposição ao PM_{10} sobre a relação TEF (medido/predito) no grupo todo e nos ISAAC positivos

Em relação ao TEF o feito observado indica que há associação entre a exposição ao PM_{10} e o aprisionamento de ar nas vias aéreas, ou seja, uma maior dificuldade das crianças e adolescentes de realizar a expiração. O TEF aumenta no mesmo dia da exposição e atinge seu maior aumento percentual (maior grau de obstrução) no segundo dia após a exposição. Este é um efeito

que parece acometer a todos os participantes sem produzir piores efeitos entre os ISAAC positivos.

5. DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

5.1. Resultados principais

A investigação epidemiológica tem sido uma grande aliada na busca pela identificação de fatores de risco para a saúde dos habitantes de diferentes locais. Com a compreensão de que as atividades industriais e outras atividades de produção realizadas pelos seres humanos podem comprometer direta ou indiretamente a qualidade de vida dos seres vivos, estudos epidemiológicos têm sido cada vez mais solicitados antes de se autorizarem novos empreendimentos industriais. Foi neste contexto que se desenhou este estudo de painel no qual foram avaliadas as medidas espirométricas de crianças e adolescentes que vivem sob a influência das emissões de poluentes do ar de uma empresa de mineração de ferro. Uma vez por mês, ao longo de 12 meses foram realizadas medidas de espirometria que foram correlacionadas com variações diárias nas concentrações de PM_{10} , controlando-se para sintomas de doenças respiratórias e presença de asma e/ou outras doenças alérgicas identificadas através do questionário ISAAC.

O estudo mostrou que crianças e adolescentes que vivem na área exposta às emissões de poluentes do ar emitidos pela mineradora apresentam, na média, piora dos parâmetros de espirometria quando comparados com os indivíduos moradores da área localizada fora da pluma de dispersão, sendo os resultados mais acentuados para aqueles indivíduos que já possuem alguma limitação fisiológica, por exemplo, asma.

Quando analisamos os efeitos agudos da exposição ao PM_{10} sobre os parâmetros espirométricos, através dos modelos de efeito misto, observamos

que houve uma piora destes indicadores correlacionada ao aumento da concentração do poluente. Além disso, este efeito se mostrou imediato, iniciando-se no mesmo dia da exposição, e acometendo tanto o grupo todo quanto aqueles com asma e/ou doenças alérgicas.

5.2. Características do estudo

Entre as limitações do estudo podemos destacar o número de desistências dos participantes nas duas áreas de abrangência. Este foi maior do que o esperado. Entretanto, essa perda foi considerada proporcional entre as áreas de exposição e não exposição, mantendo-se as características principais dos dois grupos ao longo do estudo. Perdas de participantes em estudos longitudinais costumam ser frequentes^{51, 52} e foram adotadas todas as medidas possíveis para manter os participantes no estudo até o seu final.

Outra limitação presente no estudo foi a falta de uma rede mais ampla de monitores que permitissem uma melhor caracterização das concentrações de material particulado nas áreas exposta e não exposta à emissão da pluma de poluentes gerados pela mineradora pelletizadora de ferro.

Podemos destacar como um ponto forte deste estudo a realização de um acompanhamento de 12 meses com espirometrias mensais. As doenças respiratórias apresentam um padrão sazonal de ocorrência que é melhor captado quando se tem dados de, pelo menos, um ano de observações. As dificuldades para manter o acompanhamento de crianças e adolescentes por um período de tempo relativamente longo faz com que outros estudos optem por um período de segmento mais curto.^{53,51}

Outro fator positivo do presente estudo foi o desenvolvimento de encontros mensais com as crianças e adolescentes participantes. Com atividades recreativas, buscou-se criar um vínculo mais próximo entre pesquisadores e participantes, assim como auxiliá-los em relação às dúvidas referentes ao desenvolvimento do estudo e motivá-los.

5.3. Contextualização do estudo

O padrão de qualidade do ar estabelecido no Brasil através do CONAMA (1990)¹² classifica como “baixo” os valores médios apresentados na região de Anchieta e Guarapari. Porém, quando comparamos os mesmos valores médios aos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde¹³, observamos que as concentrações de PM_{10} devem ser classificadas como acima do recomendado.

A região de Anchieta e Guarapari apresenta um clima caracterizado como quente e úmido durante todo o ano. As variações encontradas em relação à temperatura e umidade relativa do ar estão dentro da faixa de conforto térmico e de umidade mínima. A associação entre grandes variações de temperatura e doenças respiratórias foi identificada por Braga e colaboradores⁵⁴ em um estudo realizado em 12 cidades norte-americanas.

Observamos neste estudo uma associação entre PM_{10} e o decréscimo do VEF_1 , CVF, VEF_1/CVF e PFE de crianças e adolescentes residentes em regiões independentemente da localização à pluma de emissão dos poluentes atmosféricos da mineradora localizada em Anchieta. O efeito acumulado para VEF_1 variou de 0,2 a 2% (IC 95%: -1,53; -0,09) de redução deste parâmetro

com aumento de $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ do PM_{10} no terceiro dia após a exposição no grupo todos os participantes. O efeito da exposição do PM_{10} gera uma redução da CVF após o terceiro dia 0,7% (IC 95%: -1,96; 0,30) no grupo ISAAC positivo demonstrando que este grupo é mais sensível a este poluente. O aumento do PM_{10} também gerou uma diminuição nos valores de VEF_1/CVF , após o terceiro dia de exposição, da ordem de 0,6% (IC 95%: -0,56; 0,41) para o grupo todo. Uma redução do PFE no mesmo dia em que aumenta a poluição foi observada tanto no grupo total quanto no grupo ISAAC positivo. Porém nos ISAAC positivos o efeito acumulado de cinco dias atingiu uma redução de, até, 6% (IC 95%: -6,33; -1,34).

O TEF apresenta um aumento no mesmo dia em que há aumento do PM_{10} chegando ao seu maior grau de obstrução, por conta do aprisionamento de ar, no segundo dia após a exposição (3,6%, IC 95%: 0,88; 6,20) para o grupo todos.

Resumidamente os resultados do estudo mostra um predomínio das vias aéreas baixas, devido à exposição ao material particulado. Outros estudos, usando parâmetros da função pulmonar também tem mostrado que a exposição aos poluentes do ar piora função respiratória.

Missagia (2012)⁵⁵ realizou um estudo nas mesmas comunidades em questão, Anchieta e Guarapari (ES), envolvendo os mesmos participantes do presente estudo, porém utilizando-se das medidas de pico de fluxo expiratório (PFE) matutino e vespertino. Encontrou-se, uma associação entre material particulado e o pico de fluxo expiratório (PFE) da população estudada. Este resultado está de acordo com os resultados apresentados no presente estudo.

Na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, Castro et. al.⁵³ realizaram um estudo de painel envolvendo 118 estudantes (com idades de 6 a 15 anos) matriculados em escolas do município e que residiam em um raio de até 2 km de distância do estabelecimento. Foram utilizados dados do questionário ISAAC e medidas diárias de pico de fluxo expiratório (PFE) para avaliação da função pulmonar, além de medidas dos níveis diários de PM_{10} , SO_2 , O_3 , NO_2 e CO . Para um aumento de $10\mu g/m^3$ de PM_{10} houve uma diminuição do pico de fluxo expiratório (PFE) após o terceiro dia de exposição ao poluente. Este resultado também corrobora os achados do presente estudo.

Horak et. al.⁵⁶ realizaram uma pesquisa com estudantes australianos com medidas repetidas de espirometria feitas 2 vezes ao ano durante 3 anos. Eles evidenciaram nesta pesquisa que um aumento de $10\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10} está associado à diminuição em 8,4L/min do pico de volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1). Apesar de medida diferente da utilizada no presente estudo (variação percentual da relação medido/predito) o resultado mencionado por Horak et. al. coincide com o resultado do presente estudo.

Liu et. al.⁵⁷ avaliaram a função respiratória de 182 crianças com asma (9 a 14 anos) através de espirometrias semanais durante 1 mês. Foram obtidos também dados de $PM_{2,5}$ através de rede local de monitoramento da qualidade do ar. O aumento de $5,4\mu g/m^3$ de $PM_{2,5}$ foi associado com diminuição de 3,0% (IC 95%: -4,7 ; -1,2) no fluxo expiratório forçado entre 25-75% da capacidade vital forçada ($FEF_{25-75\%}$). No presente estudo, o indicador $FEF_{25-75\%}$ foi substituído pelo TEF que indica obstrução das pequenas vias aéreas. Portanto,

os resultados apresentados por Liu et. al. são concordantes aos resultados do presente estudo.

Em uma metanálise envolvendo crianças foi observado um decréscimo na medida de PFE quando há aumento de PM_{10} e $PM_{2,5}$. Estes resultados estão de acordo com os resultados do presente estudo que também demonstraram redução de PFE após aumento na concentração de PM_{10} .⁵⁸

Em um estudo de painel realizado com 93 estudantes do sexo masculino (onde 26 eram asmáticos) e que residiam próximo a região da escola durante o período de inverno de 2004 na Nova Zelândia, demonstrou o aumento dos níveis de poluição do ar leva a uma diminuição da função respiratória ($VEF_1 = p=0,06$) e de um aumento da tosse (aumento de $50 \mu g/m^3$ de PM_{10} está associado a um aumento de 1,5% na referência de tosse).⁵¹

Na cidade de Salamanca, no México, um estudo de painel teve como objetivo determinar o impacto da poluição do ar gerada por uma fonte estacionária de poluição do ar sobre a função pulmonar e os sintomas respiratórios em 464 crianças de idade escolar. Medidas de espirometria, dados de sintomas respiratórios e medidas de poluentes do ar (O_3 , SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , PM_{10} ,) foram obtidas a cada estação do ano. A principal alteração na função pulmonar foi do tipo obstrutivo, sendo mais intensa nas crianças no qual moravam mais próximos da fonte de poluição do ar mantiveram maior frequência. O PM_{10} foi o poluente que apresentou os efeitos adversos mais consistentes com associações negativas com CVP, VEF_1 e PFE. O cenário na cidade de Salamanca foi semelhante ao encontrado na cidade de Anchieta e Guarapari com uma fonte estacionária de poluição do ar bastante relevante. Lá, como cá,

a exposição do material particulado também alterou a função respiratória dos estudantes.⁵⁹

Um estudo realizado em Tokyo, Japão, demonstrou que um aumento da concentração de $PM_{2,5}$ de $10 \mu m/m^3$ em uma hora está associado a diminuição de 3L/min de PFE matutino e vespertino de crianças hospitalizadas com diagnóstico de asma.⁶⁰

Como tem sido demonstrado em diferentes estudos, crianças e adolescentes tem se mostrado bastante susceptíveis aos efeitos adversos da poluição do ar em especial do material particulado. Apesar das fontes moveis serem hoje em dia os principais responsáveis pela poluição encontrada nos centros urbanos as emissões de origem industrial ainda desempenham um papel importante na piora da qualidade do ar. A realização de estudos epidemiológicos em diferentes locais reforça o conhecimento em relação ao potencial nocivo dos contaminantes do ar.

Atualmente não há justificativas para se ignorar os efeitos adversos agudos e crônicos de um ar de péssima qualidade pode trazer aqueles que não podem evitar este tipo de exposição.

6. CONCLUSÕES

- ✓ Apesar dos valores de PM_{10} estarem abaixo do recomendado pelo CONAMA no Brasil, os resultados dos parâmetros de espirometria das crianças e adolescentes que residem na área de exposição foi, em média, menor do que os observados em crianças e adolescentes que residem na área de não exposição, demonstrando efeito na função respiratória da população mais sensível.
- ✓ O aumento da concentração de material particulado PM_{10} interfere negativamente nos parâmetros de espirometria em crianças e adolescentes que residem nas regiões investigadas. Este efeito pode ser observado tanto em todos os participantes como no grupo no qual foi identificado como asmáticos e/ou alérgicos através do questionário ISAAC.

7. ANEXOS

Anexo A – Aprovação no comitê de ética da CAPPesq

Ref.: carta datada de 06/03/09

Ao

Departamento de Patologia

O Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 03.06.09, tomou conhecimento que o Protocolo de Pesquisa nº **0124/08**, intitulado: **"AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO DO AR EM ANCHIETA/ES"**, aprovado por esta Comissão em 04.04.08, contempla o sub-projeto intitulado **"Projeto de Avaliação da função respiratória de crianças dos municípios de Anchieta e Guarapari (ES) através da espirometria e sua correlação com a qualidade do ar"**, que será tese de Doutorado da Sra. Camila Alves Silva, tendo como orientador o Prof. Dr. Alfésio Luis Ferreira Braga, e Pesquisador Responsável o Prof. Dr. Paulo Hilário Nascimento Saldiva.

CAPPesq, 03 de junho de 2009

Prof. Dr. Eduardo Massad
Presidente da Comissão de Ética para Análise de
Projetos de Pesquisa

Anexo B – Questionário ISAAC

I. AVALIAÇÃO DE SINTOMAS (Questionário ISAAC)

A. ASMA

1- Seu filho(a) alguma vez no passado teve chiado ou assobio no peito?

(0) não **(1)** sim

Se você respondeu que não pule para a questão 6.

2-Seu filho (a) teve chiado ou assobio no peito nos últimos 12 meses?

(0) não **(1)** sim

Se você respondeu que **não**, pule para a questão 6.

3-Quantas crises de chiado seu filho(a) teve nos últimos 12 meses?

(0) nenhuma **(1)** 1 a 3 **(2)** 4 a 12 **(3)** mais que 12

4- Nos últimos 12 meses, com que frequência, em média, o sono do seu filho(a) foi interrompido devido a falta de ar?

(0) Nunca acordou com falta de ar **(1)** Menos que uma noite por semana **(2)** Mais que uma noite por semana

5- Nos últimos 12 meses, o chiado do seu filho(a) foi suficientemente grave limitando sua fala a uma ou duas palavras entre uma respiração e outra?

(0) não **(1)** sim

6- Seu filho(a) tem asma?

(0) não **(1)** sim

7- Nos últimos 12 meses, o peito do seu filho(a) chiou durante ou após o exercício físico?

(0) não **(1)** sim

8- Nos últimos 12 meses seu filho(a) teve tosse seca sem estar relacionada com gripe ou infecção nos pulmões?

(0) não (1) sim

B. As questões que se seguem estão relacionadas a problemas que ocorreram quando seu filho(a) não estava gripado ou resfriado

1- Seu filho(a) já teve crises de espirros, coriza ou nariz entupido quando não estava gripado ou resfriado?

(0) não (1) sim

Se você respondeu que não, pule para a questão 6

2- Nos últimos 12 meses seu filho(a) teve crises de espirros, coriza ou nariz entupido quando não estava gripado ou resfriado?

(0) não (1) sim

3- Nos últimos 12 meses, estes problemas no nariz foram acompanhados de olhos lacrimejando e coçando?

(0) não (1) sim

4- Em que período dos 12 meses estes problemas ocorreram? (Por favor assinale o mês)

(1) Janeiro	(5) Maio	(9) Setembro
(2) Fevereiro	(6) junho	(10) Outubro
(3) Março	(7) Julho	(11) Novembro
(4) Abril	(8) Agosto	(12) Dezembro

5- Nos últimos 12 meses, com que intensidade estes problemas interferiram nas atividades diárias do seu filho(a) ?

(0) Nenhuma (1) Um pouco (2) Moderadamente (3) Muito

6- Seu filho(a) já teve rinite?

(0) não (1) sim

C. Eczema.**1- Seu filho(a) já teve lesões de pele tipo brotoeja com coceira que aparecem e desaparecem por pelo menos 6 meses?**

(0) não (1) sim

Se você respondeu que não, pule para a questão 6

2- Seu filho(a) já teve estas lesões com coceira nos últimos 12 meses?

(0) não (1) sim

Se você respondeu que não, pule para a questão 6

3- Alguma vez estas lesões de pele tipo brotoeja com coceira afetaram algum destes lugares: As dobras do cotovelo, atrás dos joelhos, nos tornozelos, nas dobras das nádegas ou em volta do pescoço, orelhas ou olhos?

(0) não (1) sim

4- Esta irritação desapareceu completamente nos últimos 12 meses?

(0) não (1) sim

5- Nos últimos 12 meses, com que frequência, em média, seu filho(a) ficou acordado durante a noite por causa desta irritação ?

(0) nunca (1) menos que uma noite por semana (2) 1 ou mais noites por semana

6- Seu filho(a) já teve eczema?

(0) não (1) sim

Anexo C – Diário de Sintomas

NOME: _____ ESCOLA: _____	
20/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____
21/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____
22/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____
23/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____
24/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____
25/05/08	PFE M: _____ PFE N: _____ Tosse: Seca (S) (N) Catarro (S) (N) Coriza (S) (N) Falta de Ar (S) (N) Febre (S) (N) Chiado (S) (N) Outras: _____ Falta na Escola N S – motivo: _____

Anexo D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO DO AR EM ANCHIETA/ES.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr Paulo Hilário do Nascimento Saldiva

Pesquisadores: Dr Alfésio Luís Ferreira Braga, Dr Luiz Alberto Amador Pereira e Dr. Paulo Afonso de André

I. REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO ALUNO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa

A Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, através do Laboratório de Poluição Experimental, desenvolve um projeto que tem como proposta a vigilância ambiental dos poluentes urbanos e industriais por meio do biomonitoramento do ar da cidade e estudos epidemiológicos avaliando a situação de saúde dos moradores das regiões próximas a SAMARCO. Biomonitoramento significa utilizar uma planta sensível aos efeitos da poluição em locais previamente determinados, avaliando os danos ocorridos na mesma. Os estudos epidemiológicos investigam se existe relação entre as alterações de saúde e a exposição aos poluentes emitidos pela indústria.

Esse projeto envolve uma avaliação dos alunos participantes do projeto de pesquisa através de um questionário e exames que medem a capacidade respiratória de cada aluno selecionado para participar do projeto. Esses exames não são invasivos e consistem em soprar um bocal conectado num aparelho que mede a força do sopro.

Seu filho(a) ou tutelado(a) foi convidado a participar deste estudo como sujeito da pesquisa, sendo que as atividades serão realizadas em dias e horários que não comprometam suas atividades escolares.

Durante a realização das atividades os alunos serão supervisionados pelos pesquisadores responsáveis pelo estudo, pelos profissionais da escola e da secretaria da saúde.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais.

Testes de pico de fluxo expiratório e provas de função pulmonar completa. O propósito do procedimento é avaliar se em dias mais poluídos existe uma diminuição na capacidade respiratória dos alunos envolvidos e se existem diferenças em relação às áreas dentro e fora da influência da poluição emitida pela Samarco.

3. Desconfortos e riscos esperados

Nenhum

4. Benefícios que poderão ser obtidos

Avaliar se há prejuízo a saúde dos alunos examinados

5. **Tempo de duração:** março 2008 até abril 2009

II. ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA CONSIGNANDO:

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga qualquer prejuízo.
3. O pai ou responsável autoriza a divulgação das informações sobre as percepções do estudo fornecidas pelo aluno acima sem a identificação de autoria.

III. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO.

PAULO HILÁRIO DO NASCIMENTO SALDIVA, ALFÉSIO LUÍS FERREIRA BRAGA e
LUIZ ALBERTO AMADOR PEREIRA

Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental – Departamento de Patologia

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

End. Av. Dr. Arnaldo, 455 - Cerqueira César - CEP: 01246903 - São Paulo/SP

tel: (11) 3891.2131

IV . DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

Nome do Responsável:.....

.....

Documento de Identidade nº:.....

Profissão/cargo:.....

Local de trabalho:.....

Endereço de trabalho:.....

Bairro:..... .Cidade:.....

CEP:..... Telefone:..... DDD:.....

Nome do participante:

V. CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

.....(*nome do responsável ou participante/entrevistado*), declaro que, após convenientemente esclarecido através do documento acima:

() Autorizo a participação () Não autorizo a participação

_____ no presente projeto de pesquisa.

Nome do aluno

Local , de de 200 .

Assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

Assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome Legível)

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. [WHO] World Health Organization. Air quality guidelines [on line]. Genebra; 1999. Disponível em: URL:<http://www.who.int/peh/air/airindex.htm>. Acessado: 22 de Março de 2013.
2. Cançado JED, Braga AF, Pereira LAA, Arbex MA, Saldiva PHN, Santos UP. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. J Bras Pneumol. 2006;32(Supl 1):S5-S11.
3. Lemos, JF. Poluição veicular: Avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2010. 133 f.
4. [UNFPA] United Nation Population Fund. Population Issues: Meeting Development Goals, 2007. Disponível em: http://unfpa.org/pds/images/Trend_Graphic.swf. Acessado: 25 de Março de 2013.
5. Firket J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Muese, lors des brouillards de décembre 1930. Bull Mem Acad R Med Belg. 1931;11:683-741.
6. Nemery B, Hoet PHM, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. Lancet. 2001;3;357:704-8.

7. Bell ML, Davis DL. Reassessment of the lethal London fog of 1952: Novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environ Health Perspec.* 2001, 109(3):289-94.
8. David DL. Air pollutions risks to children: a global environmental health problem. *Environ Manager.* 2000; Feb, 31-37.
9. Bell ML, Devra L, Fletcher T. A restrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. *Environmental Health Perspectives.* 2004; 112:
10. Simeonov V. Environmental History of the Twentieth Century. www.pg.gda.pl/chem/CEEAM/Dokumenty/Simeonov/environ_hist_Simeonov.pdf
11. Santos M. A Urbanização Brasileira. 5º. Edição. São Paulo: EdUSP, 2005.
12. RESOLUÇÃO CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 3, de junho de 1990, Brasil. [internet]. 2013 [citado jun 2013]; Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/sites/400/406/00002049.pdf>.
13. Schwartz, J. Air pollution and children's health. *Pediatrics* (2004)113: 1037-1043.
14. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *The Lancet.* Vol 360. 2002.
15. Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong YL, Howard G, Lipsett M, Lupker R, Mittleman M, Samet J, Smith Junior 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(21):2655-71.

16. West, JB. *Fisiopatologia pulmonar: princípios básicos*. 7ª. Edição. Porto Alegre: Artmed, 2010.

17. West, JB. *Fisiologia respiratória: princípios básicos*. 8ª. Edição. Porto Alegre: Artmed, 2010.

18. Yamazaki S, Shima M, Ando M, Nitta H, Watanabe H, Nishimuta T. Effect of hourly concentration of particulate matter on peak expiratory flow in hospitalized children: a panel study. *Environ Health*. 2011;10(15):1-10.

19. Ward DJ, Ayres JG. Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occup Environ Med*. 2004;61(4):1-12.

20. Fuentes-Leonarte v, Tenías JM, Ballester F. Environmental factors affecting children's respiratory health in the first years of life: a review of the scientific literature. *Eur J Pediatr* (2008) 167:1103-1109.

21. Halfon N, Newacheck PM. Childhood asthma and poverty: differential and utilization of health services. *Pediatrics*. 2003; 91(1):56-61.

22. Tramuto F, Cusimano R, Cerame G, Vultaggio M, Calamusa G, Maida CM, Vitale F. Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-crossover study in Palermo, Italy. *Environ Health*. 2011;10(31):1-11.

23. Nastos PT, Paliatsos AG, Anthracopoulos MB, Roma ES, Priftis KN. Outdoor particulate matter and childhood asthma admissions in Athens, Greece: a time-series study. *Environmental Health* (2010).
24. Dales R, Chen L, Frescura AM, Liu L, Villeneuve PJ. Acute effects of outdoor air pollution on forced expiratory volume in 1 s: a panel study schoolchildren with asthma. *Eur Respir J* (2009); 34:316-323.
25. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, McConnell R et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl Med* (2004);11:1057-1067.
26. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, Zanobetti A, Schwartz J, Dockery DW. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatric Pulmonology* 31:106-113 (2001).
27. Pereira G, De Vos AJBM, Cook A. Residential traffic and children's emergency department presentation for asthma: a spatial study. *International Journal of Health Geographics* (2009), 8:63
28. Pelucchi C, Negri E, Gallus S, Boffetta P, Tramacere I, La Vecchia C. Long-term particulate matter exposure and mortality: a review of European epidemiological studies. *BMC Public Health*. 2009;9(453):1-9.
29. Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo and Mexico City. *Environ Res* (2006); 100:431-40

30. Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, David E Newby. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2009;6(1):36-44.
31. Martins LC, Latorre MRO, Cardoso MRA, Gonçalves FLT, Saldiva PHN, Braga ALF. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. *Rev Saúde Pública*. 2002; 36(1):88-94.
32. Schikowski T, Ranft U, Sugiri D, Vierkötter A, Bruning T, Harth V, Kramer U. Decline in air pollution and change in prevalence in respiratory symptoms and chronic obstructive pulmonary disease in elderly women. *Respiratory Research* (2010);11:113.
33. Castro H, Hacon S, Argento R, Junger WL, Mello CF, Castiglioni NJ, Costa JG. Air pollution and respiratory disease in the municipality of Vitória, Espírito Santo State, Brazil. *Cad. Saúde Pública*. 2007;35:115-127
34. Brook RD, Urch B, Timothy D, Bard RL, Speck M et al. Insights into the mechanisms and mediators of the effects of air pollution exposure on blood pressure and vascular function in healthy humans. *Hypertension*. 2009;54:659-667.
35. Brook RD, Brook JR, Urch B, Vicent R, Rajagopalan S, Silverman F. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation*. 2002;105:1534-1536.
36. Mills NL, Tornqvist H, Robinson SD, Darnley K, MacNee W, Boon NA, Donaldson K, Blomberg A, Sandstrom T, Newby DE. Diesel Exhaust inhalation

causes vascular dysfunction and impaired endogenous fibrinolysis. *Circulation*. 2005;112:3930-3936.

37. Sun Q, Yue P, Ying Z, Cardounel AJ, Brook RD, Devlin R, Hwang JS, Zweier JL, Chen LC, Rajagopalan S. Air pollution exposure potentiates hypertension through reactive oxygen species-mediated activation of Rho/ROCK. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2008;29:1760-1766.

38. Rioux CL, Tucker KL, Mwamburi M, Gute DM, Cohen SA. Residential traffic exposure, pulse pressure and C-reactive protein: consistency and contrast among exposure characterization methods. *Environmental Health Perspectives*. 2010;118(6):803-811.

39. Pope, C.A. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk? *Environmental Health Perspectives* 2000, 108, 713:723.

40. Vichit-Vadakan, N, Ostro, BD, Chestnut, LG, Mills, DM, Aekplakorn, W, Wangwongwatana, S, Panich N. Air pollution and respiratory symptoms: results from three panel studies in Bangkok, Thailand. *Environ Health Perspect*. 2001, 109 Suppl 3:381-7, 381-387.

41. IJSN. Jones dos Santos Neves Institute for Research and Development. [internet]. 2013 [citado jun 2013]; Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=126

42. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Bancos de Dados. [internet]. 2006 [citado ago 2006]; Disponível em : <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>
43. Prefeitura Municipal de Anchieta. Dados de Saúde do Município de Anchieta, 2005. Comunicação Pessoal. 2006.
44. Leite LAS. Estudo da corrosão de aços carbono e patinável durante 39 meses de exposição em ambiente marinho-industrial. [Dissertação]. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, PPGEM; 2007
45. Pereira CA. I Consenso Brasileiro sobre espirometria. J Pneumol. 1996; 22(3):105-58.
46. Sociedade Brasileira de Pneumologia. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. J Pneumol 2002;28(supl 3):1-82
47. Sociedades Brasileiras de Alergia e Imunopatologia, Pediatria e Pneumologia e Tisiologia. III Consenso Brasileiro no Manejo da Asma 2002. J Pneumol. 2002; 28(Supl 1):S1-S28.
48. The International Study of Asthma and Allergy in Childhood (ISSAC) Steering Committee. Worldwide variation in prevalence of asthma symptoms: The International Study of Asthma and Allergy in Childhood (ISSAC). Eur Respir J. 1998;12(2):315-35
49. Sole D, Vanna AT, Yamada E, Rizzo MCV, Naspitz CK. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) written questionnaire: Validation

of the asthma component among Brazilian children. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 1998;8(6):376-82.

50. Siegel S. *Estatística não paramétrica*. São Paulo: Ed McGraw-Hill do Brasil; 1981. (in Portuguese)

51. Epton MJ, Dawson RD, Brooks WM, Kingham S, Aberkane T, Cavanagh JA, Frampton CM, Hewitt T, Cook JM, McLeod S, McCartin F, Trought K, Brown L. The effect of ambient air pollution on respiratory health of school children: a panel study. *Environ Health*. 2008;7(16):1-11.

52. Saldiva PHN, Braga ALF, Pereira LAA, André PAd. (LPAE - Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo). *Avaliação do Impacto da Poluição do Ar Em Anchieta/Es*. Relatório Final - Versão 4; 2010 Jan

53. Castro HA, Cunha MF, Mendonça GAS, Junger WL, Cunha-Cruz J, Leon AP. Effect of air pollution on lung function in schoolchildren in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2009;43(1):26-34.

54. Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities. *Environ Health Perspect*. 2002;110(9):859-63

55. Suelem Missagia. Avaliação do pico de fluxo expiratório em crianças e adolescentes e sua associação com material particulado inalável (PM₁₀) nos municípios de Anchieta e Guarapari (ES) [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2012.

56. Horak F, Studnicka M, Gartner C. et. al. Particulate matter and lung function growth in children: a three year follow up study in Austrian schoolchildren. *Eur Respir J*. 2002;19:838-845.
57. Ling Liu, Raymond Poon, Robert Dales et. al. Acute Effects of Air Pollution on Pulmonary Function, Airway Inflammation, and Oxidative Stress in Asthmatic Children. *Environ Health Perspect*. 2009;117:(4)668-674
58. Ward DJ, Ayres JG. Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occup Environ Med*. 2004;61(4):1-12.
59. Linares B, Guizar JM, Amador N, Garcia A, Miranda V, Perez JR, Chapela R. Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *Pulm Med*. 2010 Nov 24;10:62.
60. Yamazaki S, Shima M, Ando M, Nitta H, Watanabe H, Nishimuta T. Effect of hourly concentration of particulate matter on peak expiratory flow in hospitalized children: a panel study. *Environ Health*. 2011(10):15.
61. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Air pollution and respiratory disease among children in Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2004;38(5)
62. Teixeira EC, Feltes S, Santana ERR. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Quim. Nova*. 2008;31(2):244-248.