Ø

de
Vera Anna Hofmeister

EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR SOBRE A FUNÇÃO PULMONAR

UM ESTUDO DE COORTE EM CRIANÇAS DE CUBATÃO

Tese apresentada à Faculdade de
Saúde Pública da Universidade de
São Paulo, para obtenção do grau de
Doutor em Saúde Pública

Orientador:
Prof. Diogo Pupo Nogueira

São Paulo

1991

Este trabalho foi realizado sob orientação do Professor **Diogo Pupo Nogueira**, Professor Emérito da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (Departamento de Saúde Ambiental) e em suas várias etapas contou com o auxílio de :

CAPES (Bolsa de Doutorado, período 1984-1986)

FAPESP (Auxílio-Pesquisa durante ano 1987, Proc.87/1270)

NYUMC (Proj. OGAIS 137) e **US.EPA** (Contract CR814023)

"QUE AR! A gente das cidades, afeita a sorver um indecoroso gaz feito de pó em suspensão num mixto de mau azoto e peor oxigênio, ignora o prazer sadio que é sentir os pulmões borbulhantes deste fluido vital em estado de virgindade. O oxigênio, fresquinho, foi elaborado naquele momento pela vegetação viçosa. RESPIRÁ-LO É SORVER VIDA À NASCENTE !

MONTEIRO LOBATO
(em "Urupês", 1916)

IN MEMORIAM

De Ingeborg Wessel Hofmeister,
minha mãe, que não pôde assistir
à concretização desse sonho.

Das crianças participantes deste estudo que tragicamente desapareceram no
incêndio da Vila Socó, nos acidentes de trânsito e por outras causas, no transcorrer
dessa pesquisa. Minha carinhosa homenagem!

Do Prof. Fernando Araújo Guimarães,
muito mais que um mestre, um amigo
de tantos de nós e raro exemplo de
coragem e competência no estudo e
no combate à poluição do ar.

Agradecimentos -

Aos Professores **Horst Haebisch** e **Paulo Affonso Pinto Saraiva** grandes especialistas, que ao longo de minha vida acadêmica, foram responsáveis pela minha formação nas áreas da fisiologia e fisiopatologia. Meu carinho ao Professor **Diogo Pupo Nogueira**, meu orientador, de quem usufrui o reconhecido talento, a experiência e o saber admiráveis.

A Professora **Frida Marina Fischer**, pelo convite a participar dos estudos preliminares que deram origem a este seguimento.

Ao Físico **José Antonio Pena Brage**, minha especial gratidão pelo apoio e participação em todas as fases deste trabalho manifestando sempre sua amizade, extrema competência e um esforço desmedido.

Aos colegas do Departamento de Saúde Ambiental desta Faculdade pelo estímulo, e por propiciarem as condições para a realização deste trabalho.

Aos Prefeitos Municipais de Cubatão, **Dr. José Osvaldo Passarelli** e **Dr. Ney Eduardo Serra**, que compreenderam a importância deste trabalho, e cujas equipes de governo, notadamente das Secretarias de Educação e de Saúde, não mediram esforços para que os objetivos fossem alcançados.

As **Diretoras, Secretárias e Professoras** de todas as Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI's), Escolas Municipais e Estaduais de Primeiro de Cubatão, pelo precioso auxílio prestado no dia-a-dia do trabalho de campo.

As Professoras **Helóisa Leite Monéia** e **Márcia Dias Garcia**, ambas da SECET de Cubatão, sempre presentes, e que com sua amizade e competência muito contribuíram para o sucesso desse trabalho.

Ao Professor **Morton Lippmann**, do Departamento de Medicina Ambiental do Centro Médico da Universidade de Nova Iorque, que tomando conhecimento da existência dos estudos preliminares a este, empenhou-se junto à E.P.A. propiciarnos os recursos necessários a sua continuação, permitindo-nos também transformar parte do trabalho nesta Tese.

Ao Estaticista Antonio de Castro Bruni, pelo excelente tratamento estatístico preliminar deste trabalho.

A bibliotecária Dayse Pires de Noronha, pela diligente revisão da bibliografia e correção de suas imperfeições.

Ao apoio logístico recebido da Diretoria de Pesquisas da CETESB durante os exames de 1985 e 1987; da Faculdade de Saúde Pública da USP em 1988, e da Diretoria do Curso Cooperativo de Cubatão da Escola Politécnica da USP em 1989, que facilitaram sobremaneira o transporte dos equipamentos e as viagens diárias a Cubatão.

Aos amigos Carmen Oliveira, Almir Brito da Silva e a minha "família", meu reconhecimento pelo incentivo e auxílio carinhoso na superação das dificuldades paralelas que vivi.

Ao empenho de Félix Sérgio Silva, Roberto Gonçalves, Celso Pereira e Cícero Souza de Oliveira da Faculdade de Saúde Pública da USP; Ruberval da Silva e Sílvia Regina Caporrino da Faculdade de Medicina da USP, para que concluíssemos este trabalho em tempo hábil.

Este trabalho só conseguiu se concretizar pela junção dos esforços de muitas pessoas, por essa razão minha gratidão a todos que contribuíram para que isso fosse realidade.

E finalmente, as crianças integrantes da amostra e seus familiares, pelo carinho e entusiasmo que sempre demonstraram, fazendo com que apesar das imensas dificuldades surgidas ao longo de tantos anos em trabalho de campo, concluíssemos que ...

..."valeu a pena"!

ÍNDICE

RESUMO

SUMMARY

I. O PROBLEMA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	1.
1.1. Um Problema Mundial	2.
1.2. O Impacto da Poluição sobre o Homem	3.
Retrospectiva no Mundo	3.
Retrospectiva no Brasil	7.
II. ECOTOXICOLOGIA DOS PRINCIPAIS POLUENTES	8.
2.1. Considerações Gerais	9.
2.2. Principais Tipos de Poluentes	9.
2.3. Aspectos do Estudo de Efeitos sobre o Homem	11.
2.4. Aspectos Fisiológicos do Aparelho Respiratório Humano	12.
2.5. Ecotoxicologia dos Gases Irritantes	15.
2.6. Ecotoxicologia dos Compostos Sulfurosos	16.
2.7. Ecotoxicologia dos Compostos Nitrogenados	19.
2.8. Ecotoxicologia do Ozona	23.
2.9. Ecotoxicologia dos Oxidantes Fotoquímicos	27.
2.10. Ecotoxicologia do Material Particulado	31.
III. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO SOBRE A SAÚDE	37.
3.1. Utilização de Provas Funcionais Pulmonares	39.
3.2. A Escolha do Teste Funcional	40.
3.3. Principais Testes de Função Pulmonar	42.
3.4. Variáveis Espirométricas de Interesse	44.
Capacidade Vital Forçada (CVF)	47.
Volume Expiratório Forçado no 1º segundo (VEF _{1,0})	48.
Relação Percentual entre VEF _{1,0} e CVF (VEF _{1,0} %)	49.
"Peak Flow" (PEF)	50.

Fluxo Médio Expiratório Forçado (FMF _{25-75%})	50.
3.5. Utilização de Testes de Função Pulmonar	51.
3.6. Cuidados na Realização da Manobra Espirométrica - Número de Repetições	52.
3.7. Variabilidade entre Instrumentos e Equipamentos	54.
3.8. Padronização dos Resultados	55.
3.9. Provas de Função Pulmonar em Crianças	56.
Considerações acerca do crescimento	56.
Importância do fator racial	57.
3.10. Equações de Predição e Padrões de Normalidade	58.
IV. ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE POLUIÇÃO DO AR UTILIZANDO PROVAS FUNCIONAIS VENTILATÓRIAS	62.
4.1. Considerações Históricas	64.
4.2. Estudos sobre poluição oxidante	73.
V. O PROBLEMA DA POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO	76.
VI. OBJETIVOS	81.
6.1. Objetivos Gerais	82.
6.2. Objetivos Específicos	82.
VII. MATERIAL E MÉTODOS	83.
7.1. Caracterização da Área de Estudo	84.
7.2. Os Receptores ou a População Exposta	102.
7.3. Estações Amostradoras de Poluentes	105.
7.4. População de Estudo	105.
7.5. Abordagem da Amostra	105.
7.6. Procedimentos de Amostragem	107.
7.8. Protocolo de Pesquisa - Perfil de Trabalho	109.
7.9. Análise da Curva Espirométrica	119.
7.10. Avaliação da Importância das Emissões	122.

7.11. Monitoramento da Qualidade do Ar	123.
7.12. Os Níveis de Qualidade do Ar	125.
7.13. Dados de Poluição	128.
7.14. Análise Estatística	129.
VIII. RESULTADOS E COMENTÁRIOS	132.
8.1. Poluição Atmosférica Ambiental	133.
Os Emissores	133.
Poluição Atmosférica no Período de Estudo	142.
Concentrações dos Principais Poluentes	143.
Material Particulado	143.
Dióxido de Enxôfre	158.
Ozona	165.
8.2. Análise dos Receptores	176.
Estudos Preliminares	177.
Formação das Coortes	188.
Perdas	189.
Evolução dos Dados Antropométricos das Coortes 1 e 2	195.
Análise das Variáveis Espirométricas	199.
Evolução Temporal das Coortes 1 e 2	199.
Área de Residência e Alterações das Variáveis Expiratórias	216.
Análise da Capacidade Vital Forçada (CVF)	217.
Análise do Volume Expiratório Forçado 1 seg. (VEF _{1,0})	223.
Análise do "Peak-Flow" (PFE)	231.
Análise do Fluxo Médio Expiratório Forçado (FMF _{25-75%})	240.
IX. CONCLUSÕES	259.
X. CONSIDERAÇÕES FINAIS	267.
XII. BIBLIOGRAFIA	271.
XIII. ANEXO	I.

RESUMO

É feita a análise da evolução de provas funcionais ventilatórias de dois grupos de crianças clinicamente sadias, residentes no Município de Cubatão, examinadas inicialmente em dois estudos transversais realizados respectivamente em 1983 (verão) e em 1985 (inverno).

O princípio epidemiológico que norteou essa pesquisa foi a realização de um estudo de Coorte Não-Controlada, ou mais apropriadamente, um Estudo Ecológico Longitudinal, onde esses dois grupos de crianças foram anualmente submetidos a exames espirométricos no período de 1987 a 1989, mantida a estrita sazonalidade, ou seja, o Grupo de 1983 foi sempre reexaminado no verão, enquanto que o Grupo de 1985 sempre no inverno.

Aproximadamente 1.110 crianças, oriundas de todas as áreas do Município foram submetidas a provas de função pulmonar utilizando-se espirômetro seco, com especial ênfase na análise do comportamento da Capacidade Vital Forçada (CVF), do Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo ($VEF_{1,0}$), do "Peak-Flow" ou Pico de Fluxo Expiratório (PFE), e do Fluxo Médio Expiratório Forçado ($FMF_{25-75\%}$), todos considerados como indicadores sensíveis às influências dos níveis de poluição atmosférica registrados em Cubatão.

As informações concernentes à poluição do ar foram obtidas através dos relatórios de pesquisas efetuadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e envolveram a análise das estimativas de emissões das indústrias prioritárias de Cubatão, das concentrações horárias de material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO_2) e do ozona (O_3) registrados nas estações amostradoras de Vila Parisi, Cubatão-Centro e Vila Nova no período de Novembro de 1983 a Dezembro de 1989. Também integrou o contexto de análise, a avaliação das principais metas do Programa de Controle de Poluição do Ar instituído pela CETESB na região a partir de 1984, com o objetivo de se verificar se as reduções pretendidas nos níveis de poluição do ar se fizeram acompanhar de melhorias nas provas funcionais pulmonares das crianças estudadas.

Verificou-se que os episódios agudos de poluição do ar, principalmente devidos ao material particulado, mostraram algum decréscimo. No entanto, aqueles devidos a oxidantes fotoquímicos, representados pelos níveis de ozona, tiveram progressivo incremento no período de 1984 a 1988, tanto em relação ao número de episódios, como na persistência e gravidade dos mesmos.

Os resultados espirométricos indicaram que em ambos os grupos de crianças a função pulmonar mostrou decrementos significativos, com perdas em torno de 5 a 8% ao ano, em média, quando comparados com os valores inicialmente registrados por ocasião dos estudos transversais. Apesar das reduções terem sido observadas em todas as variáveis espirométricas, os maiores decrementos verificaram-se principalmente nas medidas de fluxo (PFE e FMF_{25-75%}), e coincidiram com o ano em que foram assinalados os mais graves episódios de poluição devida a oxidantes fotoquímicos.

Os bairros Cota 95, Cota 200, Jardim das Indústrias e Vila Natal, localizados na área de influência do núcleo industrial químico/petroquímico sobressaíram-se como os mais críticos em função dos piores resultados espirométricos apresentados ao longo de todo o estudo.

Pôde-se concluir que apesar da função pulmonar das crianças ainda não ter atingido níveis considerados como patológicos, mesmo registrando valores inferiores aos limites da normalidade nas variáveis de fluxo no ano de 1988, verificou-se que de ano para ano a função pulmonar vem decrescendo progressivamente indicando que esta vai sendo afetada pela exposição as poluentes da região e que as medidas de controle da poluição instituídas em Cubatão não tiveram a eficácia esperada. Continuando nessa mesma trajetória evolutiva, isso poderá acarretar sérios e irreparáveis prejuízos à saúde da população.

É necessário, portanto, a adoção de urgentes medidas para a melhoria da qualidade do ar em Cubatão nos anos futuros, no intuito de prevenir sérios agravos à Saúde Pública.

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the effects of exposure to air pollution on lung function of children.

Two groups of clinically healthy children, living at different areas of the city of Cubatão, who had been submitted to lung function tests in a previous cross-sectional study (1983 summertime and 1985 wintertime) were annually reexamined using the same type of test during the period 1987 to 1989.

On epidemiological basis this is a longitudinal study, where every individual of the two groups of children was measured at each occasion, always in the same season of the previous examination.

About 1,110 children from all areas of the city were examined once a year using dry spirometer, with special emphasis on FVC, FEV_{1.0}, PEF and FMF_{25-75%} measurements, since they were considered as those which could be most affected by the local air pollution.

Information regarding the conditions of air pollution were obtained from the CETESB's written reports. They include the estimate emissions of the main industries of the region; the hourly concentrations of particulate matter, sulfur dioxide and ozone measured in the sampling stations located in Vila Parisi, Cubatão-Centro and Vila Nova during the October/1983 to December/1989 period and also the results of the Source Control Strategy introduced by CETESB since 1984.

It was observed that the acute episodes of air pollution due to PM were reduced in number. However, those due to photochemical oxidants, mainly represented by ozone levels, were progressively more frequent during the period from 1984 to 1988; both their number and their severity increased during this period.

Spirometric results shows that in both groups of children the lung function was significantly impaired, with losses of 5 to 8% per year, when compared with the initial values of the cross-sectional studies. Despite the fact that all lung function parameters decline, the flow (PFE and FMF_{25-75%}) values were those

most affected and closely related to the most serious episodes of air pollution due to photochemical oxidants mainly those observed in 1988.

Children living in the areas of Cota 95, Cota 200, Jardim das Indústrias and Vila Natal, situated in the nearest area of influence of the chemical and petrochemical industries, presented worst spirometric results than children living in other places of Cubatão.

The lung function of the examined children did not attain pathological values, despite the fact of presenting the worst results in flow parameters during the year of 1988.

It was observed that their lung function is progressively impaired year by year, a clear indication of the progressive effects of air pollution on their lung function, and if such impairment continues there will come the time when lung function will probably reach a pathological level.

It is concluded that there is an urgent need of improving the quality of air of Cubatão to avoid serious Public Health problems in a quite near future.

I. O PROBLEMA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

1.1. Um Problema Mundial

A experiência dos países altamente industrializados mostra que o desenvolvimento acelerado, sem controle da qualidade ambiental, compromete a saúde dos seres humanos e dos seres vivos em geral, assim como, causa danos aos materiais, como por exemplo os metais, estruturas de concreto, esculturas e obras de arte em geral.

Os resíduos orgânicos produzidos pelos seres vivos, quando dispostos adequadamente no meio ambiente, são depurados por processos biológicos naturais²³⁶. Entretanto, nas últimas décadas através da inovação tecnológica e crescente industrialização, bem como da urbanização desordenada e da explosão demográfica nas grandes cidades, substâncias químicas e altas taxas de matéria orgânica vêm sendo dispostas no meio ambiente como produtos residuários. Neste processo os recursos naturais - ar, água e solo - são poluídos, com consequentes efeitos nocivos à vida.

Podemos, à guisa de referência, citar o trabalho de NEFUSSI²¹⁵, onde se afirma de maneira sucinta que

"normalmente o recurso ar é utilizado pelas comunidades de maneira não parcimoniosa, pelo fato de o mesmo estar disponível livremente, sem que seu uso exija qualquer ônus ou esforço".

Além dos usos naturais do ar pelo homem, a fauna e a flora, e dos benefícios advindos dos fenômenos meteorológicos, outros usos importantes devem ser citados, envolvendo comunicações, transporte, combustão, processos industriais e como receptor e transportador de resíduos da atividade humana.

Como resultado desse uso indiscriminado, ou abuso, geralmente em limitadas áreas geográficas, surge o que se convencionou chamar a poluição do ar. Podemos considerá-la, dentre outras possíveis definições, como⁴²:

"a presença no ambiente atmosférico de substâncias em concentrações suficientes para interferir, direta ou indiretamente, na saúde, segurança e bem-estar do homem, ou no pleno gozo de sua propriedade".

Contudo, o fim básico do recurso natural ar é manter a vida⁴⁴. Todos os outros recursos naturais devem sujeitar-se à manutenção de uma qualidade de ar que não degrade, aguda ou cronicamente, a saúde e o bem-estar do ser humano. Os aspectos estéticos e de impacto econômico da poluição do ar e seu controle são áreas importantes, mas secundárias, passíveis de compromissos.

As várias fontes de poluição ambiental incluem operações industriais, tráfego de veículos, incineradores e uso de combustíveis domésticos, além é claro, das fontes naturais tais como vulcões, incêndios florestais e outras.

Muitos estudos tem sido realizados, em âmbito mundial, concernentes à natureza da poluição do ar do ponto de vista físico e químico, à origem dos poluentes, seus níveis e seu comportamento na atmosfera das cidades e zonas industriais, e outros aspectos tecnológicos desse complexo ramo da saúde ambiental²¹⁸. Tais efeitos no entanto, só foram estudados há relativamente pouco tempo, quando uma série de episódios agudos de poluição do ar nas áreas urbanas industrializadas afetaram sensivelmente a saúde humana.

1.2. O Impacto da Poluição sobre o Homem

Retrospectiva no Mundo

Um extenso trabalho de revisão e análise da evolução histórica do problema de poluição do ar, realizado por NOGUEIRA²¹⁸, assinala que foi a partir de 1770, com o desencadeamento da Revolução Industrial, que a vida do homem nas grandes cidades foi profundamente afetada.

As primeiras fábricas principiaram por se instalar nas cidades, onde abundava mão-de-obra fácil e barata. Com desenvolvimento em ritmo acelerado e vertiginoso crescimento populacional, algumas cidades da Grã-Bretanha, berço da Revolução Industrial, em apenas duas décadas tiveram sua população duplicada. A rapidez do desenvolvimento no entanto, não foi acompanhada por medidas adequadas de natureza sanitária.

Nos aglomerados urbanos, o número de fábricas aumentava rapidamente; assim a fumaça das chaminés das indústrias somava-se à proveniente das lareiras domésticas, dando às cidades um aspecto escurecido pela fuligem.

Refere o mesmo autor que o aparecimento de novos tipos de indústrias, lançando ao ar outros produtos além da fuligem, veio fazer com que esse fosse se tornando cada vez mais poluído. Citando o exemplo de Liverpool e St. Helens, NOGUEIRA²¹⁸ descreve que a instalação de fábricas que produziam carbonato de sódio pelo processo "Leblanc" resultou na poluição do ar por quantidades elevadas de gases ácidos (principalmente ácido clorídrico) e que a população que vivia nas imediações dessas fábricas passou a apresentar problemas de saúde. O grande número de reclamações fez com que o Parlamento Britânico se visse obrigado a baixar um Ato exigindo que os fabricantes de carbonato de sódio absorvessem pelo menos 95% do ácido clorídrico antes de emitir os efluentes ao meio-ambiente através de suas chaminés. Surgia assim o primeiro relato da poluição atmosférica como uma ameaça à Saúde Pública, e pela primeira vez, autoridades governamentais se viram obrigadas a estabelecer medidas destinadas a proteger a saúde da população exposta à sua ação.

O acelerado desenvolvimento industrial em todo o mundo, veio fazer com que a atmosfera das cidades industrializadas se tornasse cada vez mais poluída, e os efeitos sobre a saúde humana fossem cada vez mais notórios. Tais efeitos começaram a ser evidenciados principalmente através da ocorrência de episódios de poluição do ar de caráter agudo, que vieram demonstrar que esta poderia ser uma ameaça muito grave à Saúde Pública.

Ainda dentro dessa da revisão histórica, cita-se²¹⁸ que no dia 1º de dezembro de 1930, a região do vale do rio Meuse, na Bélgica, foi afetada por uma acentuada inversão de temperatura. Nessa região situavam-se numerosas indústrias metalúrgicas, fundições de ferro e zinco, fábricas de vidro e de ácido sulfúrico. Permanecendo estável a inversão térmica, no terceiro dia foi verificado um súbito aumento de doenças do aparelho respiratório que, com o decorrer da semana, acarretaram a morte de 60 pessoas. Os óbitos incidiram principalmente em pessoas idosas, portadoras de doenças cardíaco-pulmonares crônicas, e como segundo grupo de risco com maior incidência, as crianças. As autópsias realizadas revelaram intenso processo congestivo das vias aéreas, além da presença maciça de partículas de fuligem em macrófagos intra-alveolares e nos espaços intersticiais das pessoas vitimadas.

Outro acontecimento de importância histórica foi verificado nos Estados Unidos. Na última semana de outubro de 1948 ocorreu uma inversão de

temperatura e um anticiclone de caráter estagnante, associados a intensa neblina, na região noroeste daquele país. Nessa região situa-se a cidade de Donora, onde estavam instaladas uma grande fundição de zinco, uma aciaria e várias metalúrgicas. Num período de 96 horas, a mortalidade por doenças cardio-respiratórias, que em período idêntico de anos anteriores era em média 2, elevou-se para 17 nesse episódio. Houve um excesso de casos de doenças respiratórias, cujos principais sintomas dominantes eram tosse, e em ordem decrescente de incidência percentual, dor de garganta, sensação de constrição torácica, cefaléias, vômitos, náuseas e coriza nasal abundante.

Dos 17 óbitos ocorridos nesses 4 dias, 15 verificaram-se no terceiro dia do período - com uma idade média dos indivíduos vitimados em torno de 65 anos. O único fator comum a todos era a pré-existência de doenças cardíaco-respiratórias. A exemplo do ocorrido no episódio belga, as autópsias realizadas revelaram intensa congestão das vias aéreas superiores. Um estudo clínico realizado 10 anos após o incidente, com as pessoas mais seriamente acometidas e que sobreviveram, revelou que em sua maioria continuavam ainda a apresentar problemas respiratórios crônicos, mesmo após decorrido tanto tempo do episódio de poluição.

A esse exemplo histórico seguiu-se um episódio ocorrido na Inglaterra em dezembro de 1952. A cidade de Londres sofreu uma inversão de temperatura acompanhada de intensa neblina, e num período de 3 dias houve um acréscimo de 4.000 óbitos à mortalidade média da cidade, e novamente as pessoas mais atingidas foram novamente os idosos com pré-existência de doenças cardíaco-pulmonares e as crianças.

Foram realizadas 1.280 autópsias e verificou-se a presença de congestão das vias aéreas e uma alta percentagem de casos de broncopneumonia. Estudos posteriores realizados na área demonstraram que mesmo nos anos seguintes houve um incremento na taxa de mortalidade - 1.000 casos em janeiro de 1956; 800 casos em dezembro 1957 e 700 em dezembro 1962, tendo-se comprovado que sempre que os valores de poluição na cidade se elevavam em quatro vezes o valor médio registrado no período de inverno, ocorria um incremento na mortalidade por doenças cardíaco-respiratórias.^{222,293,294}

Ainda em 1952, também na Holanda foram registradas condições atmosféricas idênticas a Londres, com uma significativa elevação do número de casos de doença cardíaco-pulmonar, apesar de não ter sido registrado aumento no coeficiente específico de mortalidade no período.

No início dessa mesma década, mais precisamente em 1950, a cidade de Poza Rica (México), sofreu uma inversão térmica e ao mesmo tempo em uma fábrica local ocorreu um escape acidental de elevada quantidade de hidreto de enxôfre nas suas chaminés. Quase concomitantemente ocorreu um grande número de doenças pulmonares. Foram acometidas várias centenas de pessoas, das quais 320 necessitaram hospitalização, e ocorreram 22 óbitos. Nesse episódio foram atingidas pessoas de todas as idades e a pré-existência de doença cardíaco-pulmonar parece não ter sido fator de maior significância para que os acometidos evoluíssem a óbito.

Nessa análise da evolução histórica do problema de poluição de ar, é mister salientar um episódio agudo de poluição ocorrido ainda recentemente na cidade italiana de Seveso. Em 10 de julho de 1976 ocorreu um escape acidental de dioxina, que cobriu uma área de cerca de 320 hectares de superfície. Entre a população ali residente, 24 pessoas foram acometidas de graves problemas hepato-renais, além de ter sido assinalada uma elevada mortandade de pequenos animais domésticos. Considerando que a dioxina é potencialmente teratogênica, as mulheres grávidas da região realizaram intenso movimento reivindicatório no sentido de obterem o direito de interromper a gestação, em vista do elevado risco de malformações para o feto.

Para finalizar podemos dizer que, o maior e mais grave episódio agudo de poluição atmosférica de origem industrial foi aquele ocorrido na cidade indiana de Bhopal em 1984, onde aconteceu um escape acidental de isocianato de metila, provocando a morte imediata de 1.200 pessoas e a internação hospitalar em estado grave de aproximadamente 3.000 moradores daquela cidade. Estimou-se que cerca de 20.000 pessoas foram diretamente atingidas pela nuvem tóxica que se espalhou por uma área de 40 km².

É importante ressaltar ainda que os episódios agudos de poluição do ar levaram o Parlamento Britânico a elaborar uma legislação específica de controle e proteção, o "Clean Air Act". O episódio agudo de Londres (1952), região onde

inexistem estabelecimentos industriais, foi causado pela fuligem das lareiras domésticas, que utilizavam carvão como combustível. Para minimizar tal problema e facilitar a aplicação de tal legislação, o governo britânico financiou a transformação de lareiras a carvão para lareiras a gás. Os resultados foram excelentes e hoje em dia, mesmo durante o inverno e em condições de inversão térmica, não ocorrem mais episódios agudos de poluição, e o ar da cidade permanece em condições aceitáveis.^{60,66,222,293,294}

Retrospectiva no Brasil

No Brasil foram observados alguns episódios agudos de poluição do ar como refere NOGUEIRA²¹⁸. Em Bauru (SP), no mês de agosto de 1952 foram registrados 150 casos de doença respiratória aguda, provocando 9 mortes. Estudo mais detalhado dos acometidos revelou tratar-se de asma brônquica de caráter alérgico ao pó da semente de mamona (Ricinus communis), e essa epidemia de asma coincidiu com as modificações introduzidas no processo de extração de óleo de rícino por uma das fábricas da cidade. Quando as atividades da fábrica foram temporariamente suspensas, os casos da doença desapareceram. Um mês depois, com a retomada das atividades da fábrica, os casos voltaram novamente a incidir. Com o encerramento definitivo das atividades da empresa, desapareceram também os casos agudos de asma.

Além desse episódio registrado em Bauru, a resenha histórica de NOGUEIRA²¹⁸ apresenta o caso da Baixada Santista. Em 1957 ocorreu um escape acidental de etilbenzeno, que produziu imediatamente 22 casos de doença respiratória aguda. Incidente semelhante em Salvador (BA) também foi acompanhado de numerosos casos de doença respiratória aguda, o que parece se traduzir num dos problemas a serem contemplados nas áreas em que se encontrem instalados polos petroquímicos.

Outras observações vieram demonstrar que a presença de diversos poluentes no ar, mesmo em concentrações insuficientes para criar um episódio agudo de poluição, afeta a saúde humana.

II. ECOTOXICOLOGIA DOS PRINCIPAIS POLUENTES

2.1. Considerações Gerais

A utilização de compostos químicos em todos os ramos da sociedade se intensificou rapidamente nas últimas décadas e o comércio internacional de substâncias químicas a granel, especialidades químicas e produtos de consumo vem crescendo progressivamente, dando um caráter imperioso à necessidade de análise e avaliação constante dos procedimentos de produção com a finalidade de ajuizar a inocuidade das substâncias à saúde do homem.

Não restam dúvidas sobre o fato de que a poluição química da atmosfera pode determinar, de acordo com seus aspectos qualitativos e quantitativos, uma série de danos à saúde humana.

Nas grandes metrópoles do mundo, onde normalmente existe uma enorme frota de veículos automotores e estão estabelecidos complexos parques industriais, há a possibilidade, pelo menos em caráter potencial, da contaminação da atmosfera por inúmeros agentes químicos, além dos efluentes oriundos dos motores de combustão interna, ao considerarmos cada um dos processos industriais.^{212,215,222,293}

Existem contudo alguns poluentes que se notabilizam pelo fato de estarem sempre presentes na atmosfera de todas grandes cidades e que derivam principalmente da queima de combustíveis e processos reativos que ocorrem na própria atmosfera.^{215,222,236,295}

2.2. Principais Tipos de Poluentes

Esses agentes formam, do ponto de vista químico, dois tipos clássicos de poluição do ar - a **REDUTORA**, caracterizada principalmente pelo dióxido de enxôfre e o material particulado, e a **OXIDANTE**, que se caracteriza pela presença dos óxidos de nitrogênio (NO_x) e do ozona (O_3), além dos oxidantes fotoquímicos, como hidrocarbonetos, aldeídos e outros.^{118,215,222}

Tendo-se uma noção da composição natural da atmosfera terrestre, pode-se melhor compreender a importância das substâncias que as inúmeras

atividades da humanidade acrescentam constantemente ao ar, algumas das quais serão posteriormente enumeradas e cujos efeitos sobre a saúde serão analisados^{5,14,69,72,74,202,205,274}.

Nos deteremos, nesta descrição simplificada, na camada inferior da atmosfera, a troposfera, e nas interações gasosas que se realizam até cerca de 12.000m acima do nível do mar. Além dessa camada encontramos a estratosfera, que alcança cerca de 90.000m, e sobrepondo-se a esta, a ionosfera, onde a radiação ultravioleta proveniente da emissão solar, provoca reações fotoquímicas, num processo de formação molecular e subsequente dissociação em átomos e/ou íons.^{236,246,251,254,255}

A distribuição de massa e a concentração molar média da troposfera, no que diz respeito aos componentes naturais e cuja concentração pode-se considerar como aproximadamente constante é apresentada na Tab. 2.1.

TABELA 2.1

Constituintes, distribuição de massa, e concentração molar, dos componentes gasosos naturais na troposfera.

COMPOSIÇÃO GASOSA	(Partes por Milhão)	(C.Molar)
Nitrogênio	755.500	780.900
Oxigênio	231.500	209.500
Argônio	12.800	99.300
Dióxido de Carbono	460	300
Neônio	12,5	18
Hélio	0,72	5,2
Metano	1,2	2,2
Criptônio	2,9	1,0
Óxido Nitroso	1,5	1,0
Hidrogênio	0,03	0,5
Xenônio	0,36	0,08

Reproduzido de SEINFELD²⁵⁴.

Além desses componentes que podem ser considerados constantes, no que diz respeito à sua concentração média no tempo, existem outros, também de

origem natural, cuja concentração pode apresentar grandes variações. O vapor d'água por exemplo, que está sempre presente na atmosfera em concentrações que variam conforme a temperatura do ar (o ar saturado de umidade a 20 graus centígrados contém $17,118 \text{ g/m}^3$ de vapor d'água) por si só não constitui risco para os seres humanos, mas pode tornar mais deletérios outros poluentes secundários em efeitos combinados^{6,9,54,90,251,254,255,274,282,302}.

Outros componentes gasosos de origem natural e de concentração variável são: óxidos de nitrogênio, dióxido de enxôfre, cloreto de hidrogênio e ozona, provenientes, conforme o caso, do acúmulo de gás natural, tempestades elétricas, metabolismo de bactérias e reações fotoquímicas.

As partículas sólidas e gotículas de origem natural, são constituídas por materiais do solo, vegetação, aerossóis marinhos, esporos, bactérias e pólen transportados pelo vento. As concentrações dessas substâncias, porém, são ainda sumamente pequenas e no caso dos gases geralmente inferiores a 1 parte por milhão (conceito volumétrico)^{203,236,246,254,293,295}.

A variação, tanto quantitativa como qualitativa, dessas substâncias pode chegar a caracterizar uma situação de poluição ambiental.^{57,69,215,220,224,247,293}

2.3. Aspectos do Estudo de Efeitos sobre o Homem

Com relação aos aspectos de natureza química e suas consequências, seja para a saúde humana ou para o meio-ambiente, alguns pontos devem ser destacados.

Estudos quimiobiocinéticos têm por objetivo a obtenção de dados que permitam uma avaliação confiável da periculosidade das substâncias químicas ambientais para o homem. Dado que os efeitos estão vinculados à quantidade e/ou concentração de uma substância química nos tecidos e células, é importante conhecer a dinâmica do poluente e sua localização final.^{6,34,64,74,89,90,103,120,154,184,185,186,222,236,248,254,281}

A absorção de uma substância química pelo organismo pode ocorrer por três vias de penetração. Ao avaliar a toxicidade e em última instância, a

periculosidade de uma substância química, as vias de penetração oral, cutânea e respiratória se revestem de importância fundamental. A via de penetração pode influir enormemente na concentração de poluentes no organismo.^{2,6,74,80,96}

Considerando-se que a função primária dos pulmões pode ser estabelecida em - (1) oxigenação da mistura do sangue venoso, e em (2) remoção do dióxido de carbono desta mesma mistura de sangue, de forma mais rápida possível, na maioria dos casos de exposição a agentes químicos no ar a via respiratória é a mais preocupante. Isso deriva dos aspectos anatômicos e fisiológicos que permitem que uma substância química se incorpore rapidamente ao sangue, sem sofrer mudanças radicais pelo pH, o alimento ou a microflora intestinal (no caso da absorção por via digestiva), ou retardo, como ocorre no caso da via cutânea, em que a pele pode se comportar como uma barreira na maior parte dos casos.

2.4. Aspectos Fisiológicos do Aparelho Respiratório Humano

O aparelho respiratório, esquematizado na Fig. 2.1, dispõe de algumas defesas para dificultar a penetração de substâncias estranhas no seu interior.^{3,17,20,31,38,90,96,115,118,254}

Primeiramente, a forma peculiar das fossas aéreas superiores faz com que o ar ao ser inspirado se choque violentamente contra as paredes posteriores da faringe, e as partículas de maior diâmetro caiam sobre a base da língua, sendo aglutinadas e deglutidas ou eliminadas pela saliva. Se essa primeira barreira é ultrapassada, os cílios que forram o epitélio de revestimento no trecho que vai da traquéia até os bronquíolos, retêm as partículas e os movimentos carreiam as partículas inaladas em direção à faringe para eliminação.

Os movimentos peristálticos dos bronquíolos contribuem também para a eliminação de partículas sólidas. Os espasmos das cordas vocais e da musculatura brônquica, ao contato com substâncias irritantes, podem impedir que penetrem nas partes mais profundas das vias aéreas. Também os reflexos de tosse e os espirros, criando violentas correntes de ar, expulsam substâncias estranhas das vias aéreas.^{104,115,118,132,142,164,181,182,250,256}

As vias aéreas superiores, com abundante secreção de suas mucosas, tendem a aglutinar as partículas sólidas e a fixar (por processo de solubilização) os gases e vapores.

Pelo detalhamento da geração de vias aéreas, como mostra a Fig. 2.2, pode-se verificar que as 16 primeiras gerações constituem as vias aéreas de condução e as últimas 7 a zona respiratória (ou zona transicional e zona respiratória). Essa configuração explica as especificidades de mecanismos de deposição de partículas.

FIGURA 2.1

Esquema da estrutura do aparelho respiratório humano. (Reproduzido de "Dorland's Illustrated Medical Dictionary", 23rd ed., p.1355, Philadelphia, W.B.Saunders Co., 1957).

No interior dos alvéolos, os macrófagos fagocitam as partículas sólidas levando-as para o espaço intersticial onde ocorre a drenagem para gânglios linfáticos regionais.

Tais mecanismos de defesa são ainda, no entanto, muito precários. Eles oferecem uma relativa proteção contra partículas sólidas, mas praticamente nenhuma contra gases e vapores.

FIGURA 2.2
Idealização das vias aéreas humanas por Weibel. (Nota: Reproduzido de Weibel, E.R. "Morphometry of the Human Lung", p.111, Berlin, Springer-Verlag, 1963).

Como o revestimento epitelial pulmonar é muito delgado, possui uma grande superfície (da ordem de 90m^2) e é altamente vascularizado, a absorção de substâncias químicas ou poluentes a nível alveolar pode se realizar com grande rapidez.^{119,153,159,164,180}

As substâncias absorvidas com maior rapidez são os gases e os aerossóis finos. Estes são formados por particulados de diâmetro muito pequeno e um elevado coeficiente de solubilidade. O grau de solubilidade de uma substância ou um gás na água determinará que parte do aparelho respiratório será afetada. Quanto mais solúvel for a substância, e quão mais imediatamente venha a dissolver-se nas passagens úmidas dos ductos aéreos, maior será a probabilidade da ocorrência de lesão no trato respiratório alto.^{31,34,181,182,248,254}

2.5. Ecotoxicologia dos Gases Irritantes

Os gases irritantes podem provocar lesão pulmonar por vários mecanismos. Os dois mecanismos mais frequentes são as lesões oxidativas e as alterações ácido-básicas. Os gases oxidantes, como os óxidos de nitrogênio, ozona e cloro, interferem diretamente com os sistemas enzimáticos mitocondriais e celulares.^{12,14,20,59,64,120,186}

Os gases ácidos e básicos, tais como o cloreto de hidrogênio, o dióxido de enxofre, o ácido sulfúrico e a amônia alteram o pH intracelular, resultando em desnaturação proteica, destruição celular e aumento da permeabilidade capilar.^{2,4,34,85,91,118,153,159}

Os gases mais irritantes têm maior probabilidade de ser inalados profundamente, e por isso, produzem sintomas imediatos. A natureza irritante desses gases desestimula a inspiração e induz a um afastamento urgente da fonte de emissão. A lesão ocorre principalmente nas vias aéreas superiores.^{4,12,34,180,182,209,237,248,254}

Ao contrário, os gases menos irritantes provocam lesões tanto nas vias aéreas superiores como nas inferiores e nos alvéolos. Os sintomas não são imediatos, ocorrendo após um período quiescente que dura horas ou dias. Esses sintomas são devidos mais a uma resposta inflamatória do que a uma lesão irritante

direta. a exposição a longo termo é acompanhada de um envolvimento mais severo das vias aéreas inferiores e dos alvéolos.

Certos gases podem produzir tanto uma irritação aguda, com exposições de alta intensidade e curta duração, quanto doença pulmonar crônica com exposições repetidas a baixas intensidades^{19,25,254,264}.

A exposição de baixa intensidade a todos os gases irritantes, produz uma irritação leve, porém contínua, dos ductos aéreos de médio calibre, causando uma resposta inflamatória dos tecidos e uma superprodução de muco pela mucosa brônquica, daí resultando tosse crônica e produtiva. Isso torna o indivíduo mais suscetível às infecções das vias aéreas, inclusive à bronquite aguda. Após repetidas infecções e continuidade da exposição, o indivíduo poderá desenvolver doença pulmonar obstrutiva crônica o que significa que o fluxo de saída do ar dos pulmões poderá diminuir cronicamente. A contrapressão do ar retido nos pulmões pode fazer com que os delicados tecidos dos alvéolos se rompam, podendo provocar no decorrer da vida, o enfisema. Esses alvéolos distendidos não efetuam mais trocas gasosas com o sangue; isso acarretará dispnéia e, progressivamente, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) - entidade mórbida de maior incidência nas populações expostas à poluição do ar^{13,20,56,61,81,100,107,112,133,137,149,165,183,273}.

2.6. Ecotoxicologia dos Compostos Sulfurosos

Dióxido de Enxôfre

Esse gás possui um odor irritante e desagradável. É produzido por fontes naturais tais como vulcões, "geysers" e o decaimento da matéria orgânica. Em condições naturais, se encontra na atmosfera em quantidades muito pequenas, sendo sua concentração média na troposfera algo em torno de 0,2 partes por bilhão.

O SO₂, encontrado em grandes quantidades na atmosfera das zonas urbanas é proveniente principalmente da atividade humana. Existem três categorias de fontes de SO₂: a doméstica, relacionada com o uso de combustíveis fósseis ou gás de cozinha; a industrial, na fundição de minérios sulfurosos, no processamento e/ou queima de combustíveis, e no refino de petróleo; a de veículos automotores, através da queima de combustíveis derivados de petróleo. É o elemento que contribui em larga escala para a poluição atmosférica nas grandes cidades. As fontes fixas domésticas e móveis, como os veículos automotores, tem um efeito

especialmente intenso nas concentrações mais próximas ao solo^{32,45,58,74,183,212,215,236,246,254,295}

O homem lança no ar atualmente mais de 100 megatoneladas de equivalentes de enxôfre por ano. O petróleo contribui com cerca de 30 megatoneladas por ano, e contribuem ainda para a contaminação do ar por dióxido de enxôfre as fundições de metais (cobre com 13 megatoneladas ao ano; chumbo com 1,5 megatoneladas por ano e zinco com 1,3 megatoneladas por ano). No contato com o vapor d'água da atmosfera, o dióxido de enxôfre transforma-se em ácido sulfuroso, e na presença de radiação ultravioleta (UV), reage com o oxigênio para formar ozona (O_3). Posteriormente o heteróxido de enxôfre (SO_3) e o ácido sulfuroso (H_2SO_3) irão se transformar espontaneamente em ácido sulfúrico. Pela Fig. 2.3 podemos verificar o comportamento do poluente na atmosfera. O contato do oxigênio e vapor d'água atmosféricos com o SO_2 , e a oxidação catalítica na presença de hidrocarbonetos e partículas em suspensão, devido aos seus fatores higroscópicos, pode constituir névoas ácidas tóxicas e desempenha um papel essencial na formação dos "smogs" e "chuvas ácidas", exercendo acentuada ação corrosiva nos metais, construções e vegetais.

FIGURA 2.3

Apresentação esquemática das principais fontes emissoras de compostos de enxofre e reações desses compostos na atmosfera²³⁸.

Os padrões primários para as concentrações ambientais, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS)²⁹⁴, são:

- Média anual de SO_2 = 100 a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar ou 0,035 a 0,07ppm.
- Média anual de SO_2 combinado com fuligem = 150 a 900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar.

Efeitos no Homem

O SO_2 é considerado como tóxico para os mamíferos. Os limites da toxicidade aguda raramente são atingidos, exceto nos casos de acidentes, uma vez que ele possui um odor irritante característico mesmo a baixas concentrações como 0,05ppm^{221,235,254,256}. O efeito da exposição ocupacional a curto prazo ainda não está muito claro, mas trabalhadores que estiveram expostos a níveis de 36ppm por alguns anos, apresentaram sintomas tais como rinofaringite, tosse e dispnéia.

Baixas concentrações, de 1 a 5ppm, podem afetar os reflexos nervosos e a respiração em indivíduos susceptíveis, e se for inalada uma concentração de 10ppm por 10 minutos, as frequências respiratória e cardíaca elevam-se consideravelmente^{6,13,74,90,154,159,180,187,264}.

Verificam-se as seguintes respostas fisiológicas na exposição ao SO_2 em relação às concentrações ambientais²⁶⁹:

CONCENTRAÇÃO	EFEITO
0,3 a 1 ppm	Indivíduo sente SO_2 pelo paladar
3 ppm	Indivíduo sente SO_2 pelo odor
6 ppm	Irritação aguda nariz e garganta
20 ppm	Inflamação da conjuntiva ocular
32 ppm	Opressão torácica

Nota: ppm = (Partes por Milhão - unidade volumétrica)

O SO_2 é muito solúvel, e sua principal ação é exercida no trato respiratório superior. Mesmo em concentrações muito baixas o SO_2 provoca espasmos passageiros nos músculos lisos dos bronquíolos pulmonares^{132,159,254,264}.

Com o aumento progressivo dessas concentrações, observa-se um aumento da secreção mucosa das vias aéreas superiores e depois, inflamação grave dessa mucosa. Os efeitos de baixas concentrações a longo prazo são quase desconhecidos, embora tenham sido registrados - irritação crônica da mucosa do nariz, da faringe, alteração dos sentidos do paladar e do olfato.

Está também demonstrada a redução do movimento ciliar no trato respiratório, movimento esse essencial à remoção do excesso de muco e partículas estranhas. Todos esses sintomas e sinais mostram-se agravados principalmente quando o ar ambiente esteve abaixo dos 20 graus centígrados. A irritação crônica das vias aéreas pode levar à bronquite crônica e ao enfisema. Há evidências de que a exposição contínua ao gás leva ao desenvolvimento de maior resistência das vias aéreas ao fluxo de ar e em alguns casos ao aumento da sensibilidade à semelhança de uma reação alérgica^{180,182,187,214,292}.

Nas condições de exposição e transformação ambiental do SO_2 em SO_3 e outros compostos, por ação catalítica de metais e absorção de energia solar, a resposta individual poderá ser ainda mais grave^{65,72,90,105,180,249}.

2.7. Ecotoxicologia dos Compostos Nitrogenados

Óxidos de Nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são, assim como o ozona, constituintes do chamado "smog fotoquímico", ou névoa originada da ação da radiação solar sobre os gases de combustão expelidos principalmente pelos veículos automotores e indústrias^{6,9,16,57,114, 255,254} (Fig. 2.4). O monóxido de nitrogênio (NO) pode ser também produzido por fotodissociação do óxido nitroso (N_2O), que é formado no solo por ação bacteriana, mas suas principais fontes são a oxidação da amônia e combustão a altas temperaturas, por oxidação do nitrogênio do ar usado na queima do óleo. Na indústria são também utilizados na nitração de compostos aromáticos, na decapagem e estampagem de metais e são produzidos secundariamente na fabricação de explosivos, tintas, vernizes e celulósides^{31,36,74,215,246,254}.

A Fig. 2.5, esquematiza as principais transformações químicas dos óxidos de nitrogênio na atmosfera.

FIGURA 2.4

Esquema das principais reações dos compostos de nitrogênio na atmosfera e principais fontes emissoras²⁴⁶.

As altas temperaturas empregadas nos processos industriais oxidam o nitrogênio do ar, decompondo-o nos vários óxidos de nitrogênio. Todos os óxidos de nitrogênio transformam-se gradativamente em dióxido de nitrogênio (NO_2) que é 3,5 vezes mais tóxico ao homem que o monóxido de nitrogênio (NO)^{74,85,90,254,270}.

Em dias de intensa radiação solar o NO é oxidado a NO_2 que aumenta, pois, de concentração em certas horas do dia. O fenômeno pode se agravar ainda mais quando ocorrem inversões térmicas na camada atmosférica, isto é, quando uma mistura de ar frio está em contato com o solo impedindo o movimento normal do ar por convecção e, portanto, a mistura e homogeneização da atmosfera.

Afirma-se que o NO_2 é um dos mais importantes componentes do complexo químico do "smog" fotoquímico^{63,64,74,90,114,205,222,295}.

FIGURA 2.5

Transformação química dos óxidos de nitrogênio na atmosfera²⁴⁶.

Efeitos no Homem

Ainda não está perfeitamente demonstrado em que concentrações o NO constitui um perigo à saúde, principalmente se considerarmos as concentrações em que pode ser encontrado no ar das cidades. Entretanto, o NO₂ é altamente tóxico ao homem^{9,246}. Além de irritante das mucosas, pode provocar edema pulmonar. Cinco a doze horas após a exposição, o NO₂ já se combinou com o vapor d'água do trato respiratório e dos alvéolos pulmonares, e no caso de chegar a produzir ácido nítrico, este pode levar à queimadura do tecido pulmonar. Em resposta a essa agressão, ocorre, como mecanismo defensivo, a inundação progressiva dos alvéolos pelo líquido intersticial, daí resultando um edema agudo dos pulmões. Mesmo que o indivíduo supere o edema pulmonar, poderá ocorrer a lesão permanente das pequenas vias aéreas e dos alvéolos pulmonares e resultar na tríade - infecção pulmonar, tosse crônica e dispnéia.^{4,12,14,69, 74,85,118,125,224}

Um indicador sensível dos efeitos biológicos do NO_2 é o aumento da suscetibilidade à infecção causada por certas bactérias encontradas nos aerossóis - por exemplo, a Klebsiella pneumoniae⁸¹, afirmativa essa confirmada posteriormente em outro estudo⁶⁴. Além da tríade anteriormente referida, o NO_2 pode ser transformado nos pulmões em nitrosaminas, algumas das quais são de reconhecida carcinogenicidade.^{64,85,118,270}

No caso do NO_2 chegar a atingir o sangue através das trocas gasosas que ocorrem a nível pulmonar, pode-se ligar à hemoglobina, com consequente formação de metaemoglobina. Esses indicadores são comumente encontrados em trabalhadores que estão regularmente expostos a níveis que variam de 10 a 40 ppm de NO_2 .

Os efeitos de baixas concentrações, caracterizando a exposição macroambiental, somente mais recentemente passaram a ser estudados. À luz dos conhecimentos atuais, os óxidos de nitrogênio vêm sendo analisados como poluentes simples, e seus efeitos estão restritos a achados de irritação dos olhos, tosse e dispnéia^{12,13}.

A principal preocupação dos pesquisadores entretanto é a participação do NO_2 na formação do "smog fotoquímico", como podemos ver na Tab. 2.2 e na Fig. 2.6.

TABELA 2.2

Efeitos observados na exposição a Dióxido de Nitrogênio, por concentração e tipo de exposição.

CONCENTRAÇÃO	EXPOSIÇÃO	EFEITO
0,5 a 1,0 ppm	Contínua	Sem riscos assinalados
1,5 a 3,5 ppm	Transitória	Tosse, irritação nos olhos
1,5 a 3,0 ppm	Contínua	Broncoconstricção
150 a 200 ppm	Acidental	Alt. Fibróticas, edema agudo

Fonte: Reproduzido de COOPERS & TABERSHAW(1966)⁶⁴.

FIGURA 2.6

Sequência temporal da hipótese esquemática de injúria-reparação do tecido pulmonar à exposição contínua ao dióxido de nitrogênio. (Reproduzido de Menzel, 1980)

2.8. Ecotoxicologia do Ozona

O ozona, ou ozônio, (O_3) da troposfera tem origem em fontes naturais e também na atividade humana.

A origem primária natural é nas camadas superiores da atmosfera, onde exerce importante função protetora absorvendo a radiação ultravioleta (UV) do sol reduzindo assim a sua intensidade na superfície do planeta. Por outro lado, pode exercer ação tóxica no homem e deterioração de materiais em concentrações relativamente baixas quando secundário, formado a níveis mais próximos do solo.

O ozona de origem secundária é formado a partir de reações fotoquímicas de poluentes gasosos, dando origem ao oxigênio atômico. Este por sua

vez, reage com o oxigênio molecular da atmosfera dando origem ao gás em questão.^{6,9,16,57,69,74,117,204,254}

Nas áreas urbanas as emissões originárias de atividades humanas predominam sobre às de origem natural. Não há emissões primárias importantes de ozona na atmosfera, sendo que a sua quase totalidade é formada por reações químicas ocorridas no ar. Sua rota de formação é através da fotólise do dióxido de nitrogênio (NO_2) e a associação deste com compostos orgânicos fotoreativos tais como: hidrocarbonetos, aldeídos, cloro e outros, como se nota na Fig. 2.7.

FIGURA 2.7

Esquema da formação de ozona e reações químicas com precursores, como cloro, monóxido de nitrogênio e outros²⁴⁶.

A formação e transporte na atmosfera dependem de condições meteorológicas favoráveis. Sua formação varia de forma sazonal devido à dependência com os níveis de radiação solar. Mesmo em condições meteorológicas semelhantes podem ocorrer mudanças devido ao padrão de emissão dos seus

precursores - hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxôfre e outros.^{57,74,255,250,282,295}

Para estimarmos a formação de ozona é necessário conhecer o padrão de emissão de seus principais precursores. Afirma-se, que essa formação é mais dependente da quantidade de hidrocarbonetos não-metânicos (HCNM) do que dos óxidos de nitrogênio (NO_x)^{57,74}. Os mesmos pesquisadores ainda assinalam que as maiores fontes de hidrocarbonetos não-metânicos são as refinarias de petróleo como fontes fixas e os veículos automotores como fontes móveis. No caso particular da cidade de Washington (EUA) os veículos automotores são responsáveis por 87% a 96% das emissões desses compostos^{14,16,36,69,114,211}.

A formação de ozona é um processo não-linear ainda longe de ser totalmente compreendido¹⁶. No entanto, os padrões diurnos das concentrações são características importantes do ambiente urbano. As concentrações horárias máximas frequentemente são alcançadas por volta do meio-dia e à miúdo são precedidas de concentrações máximas dos precursores⁵⁷, principalmente o NO_2 . Em base sazonal, tendem a ser maiores nas estações quentes (verão) e a frequência dos dias em que excedem o padrão estabelecido pode alcançar o máximo nesse período.

Efeitos no Homem

O principal efeito do ozona, em primeira instância, é o de irritante da conjuntiva ocular, das mucosas que revestem as vias aéreas e do tecido pulmonar. Em concentrações mais altas (1,5 a 2,0 ppm) esse gás pode causar efeitos deletérios temporários sobre a saúde, com latência aproximada de 2 horas. A inalação prolongada, acima de 0,05 ppm, pode causar irritação do tecido pulmonar, e indivíduos expostos por longos períodos apresentaram fibrose pulmonar e espessamento das pequenas vias aéreas^{31,59,184,186,187,237}.

Inúmeros são os fatores que podem afetar o transporte ou a eliminação de ozona nas vias aéreas^{187,193,206,250} como:

- (a) Morfologia nasal;
- (b) Condições das vias aéreas, frequência e profundidade da respiração;
- (c) Composição bioquímica e quantidade de muco.

A decomposição do ozona nas vias aéreas superiores pode "proteger" a parte inferior do trato respiratório contra a ação do gás. Entretanto, MILLER²⁰⁵ em sua revisão refere que "em qualquer concentração inicial os bronquíolos respiratórios (ou trato respiratório baixo) recebem a dose mais alta de ozona". A relação entre a concentração bronquiolar e a concentração inalada do gás ao nível da traquéia é linear numa escala duplamente logarítmica a concentrações maiores que $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou 0,05ppm, como se pode observar pelo esquema da Fig. 2.8. Populações com grande proporção de asmáticos podem apresentar efeitos adversos já quando as concentrações estão em torno de 0,25ppm.

Ainda são desconhecidos os efeitos a longo prazo, mas sabe-se que o gás pode afetar a estrutura genética das células de uma maneira bastante semelhante aos raios X, e à parte de agravar os sintomas respiratórios pode exacerbar ou acelerar o desenvolvimento de neoplasias.^{6,59,90,120,254}

FIGURA 2.8

Esquema de deposição do ozona em relação à morfometria do trato respiratório humano²⁰⁵.

2.9. Ecotoxicologia dos Oxidantes Fotoquímicos

Os oxidantes fotoquímicos são poluentes típicos do "smog fotoquímico", que será descrito a seguir. Podem ser formados, através da incidência da luz solar como resultado da oxidação de precursores, principalmente NO_x e hidrocarbonetos não metânicos (Fig. 2.9). Outras substâncias reativas intermediárias são compostos do grupo orgânico hidroxila (por exemplo, radicais metoxi - CH_3O , o radical hidroxila $\text{OH}^\cdot$, o radical HO_2 e o oxigênio. Para a produção dos oxidantes fotoquímicos no "smog", especialmente o ozona (O_3), o óxido de nitrogênio (NO_x) atua como catalizador primário, mas os C_xH_y servem como combustíveis.

FIGURA 2.9

Relação entre as concentrações de precursores e os picos de incidência dos oxidantes fotoquímicos segundo hora do dia^{221,223}.

Denomina-se "Smog Fotoquímico" a um tipo de poluição do ar observado pela primeira vez em Los Angeles (EUA) em 1944. Esse tipo de poluição diferia do "fog londrino" típico que causou muitas mortes em 1952, por ocasião de

um período prolongado de inversão de temperatura associada com calmarias. O termo "smog" originou-se da contração das palavras inglesas "smoke" (fumaça) e "fog" (neblina). O "smog" fotoquímico, ao contrário do anterior que se acentua principalmente no inverno, compreende um certo número de compostos tóxicos envolvendo ozona, dióxido de nitrogênio, hidrocarbonetos e particulados sólidos.

Para a ocorrência de casos extremos de "smog", é preciso haver uma fonte intensa de precursores, e uma camada de ar úmido estável e imóvel próxima ao solo que impeça sua dispersão. A primeira condição ocorre em geral em ambientes com alta densidade demográfica (urbana). A ocorrência da segunda é auxiliada, pela formação de uma inversão de temperatura^{215,221,223}.

Há uma proposta de inclusão de muitos outros compostos como integrantes do "smog fotoquímico", mas uma vez que se dispõe de poucas informações sobre a sua importância biológica, serão aqui considerados para análise os seguintes: ozona (O_3), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de nitrogênio (NO_2) e hidrocarbonetos não-metânicos (HCNM).

O ozona, já mencionado, e os peroxiacilnitratos (PAN) se formam na atmosfera pelas reações que ocorrem entre os óxidos de nitrogênio e uma série de hidrocarbonetos com reatividade fotoquímica, como evidenciado pela Fig. 2.10. A estrutura química e a reatividade de cada hidrocarboneto determina a sua importância na formação dos oxidantes. A atmosfera, ao que se sabe, manteria um equilíbrio entre os agentes oxidantes e redutores - se não fosse a degradação fotoquímica dos hidrocarbonetos com radical peroxi^{9,236,246,281}. A associação dos hidrocarbonetos com o NO_x formando os peroxiacilnitratos (PAN) cria poluentes secundários altamente tóxicos à vida^{54,59,63,69,103}.

De momento apenas estão disponíveis informações de relações completas das distintas substâncias que formam as emissões de escapes dos motores de veículos, o armazenamento distribuição e uso de substâncias orgânicas tais como produtos derivados de petróleo e processos industriais específicos^{16,66,74,90,140,246,254}. Para estimar a complexidade do problema do "smog fotoquímico", é necessário conhecer as emissões potenciais dos precursores, previamente aos programas de redução de oxidantes fotoquímicos, tendo em vista o comportamento do ozona e dos precursores ao longo do dia (Fig. 2.11).

FIGURA 2.10

Reatividade química dos precursores de oxidantes fotoquímicos e formação de ozona, segundo hora do dia, concentração dos poluentes e altura da mistura²⁵⁴.

Os oxidantes fotoquímicos podem ser detectados a grande distância das fontes emissoras dos precursores, pelo transporte desses precursores, ou oxidantes primários, por ação do vento das regiões de emissão e disseminados por grandes extensões. Foram obtidas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S.E.P.A.) concentrações elevadas de oxidantes em áreas periféricas ao aglomerado de fontes precursoras situadas na direção do vento e topografia favorável, onde as fontes de precursores praticamente não existiam²⁹⁵.

Efeitos no Homem

Estudos de EHRlich⁸⁵ determinaram efeitos combinados de ozona e dióxido de nitrogênio em concentrações absolutas e relativas dos contaminantes,

administrados de forma simultânea, assim como a sequência de administração podia afetar a interação. De forma genérica foram observados efeitos aditivos de ambos contaminantes sobre: fragilidade osmótica, atividade da acetilcolinesterase, peroxidação lipídica, redução da glutadiona e metahemoglobinemia.

FIGURA 2.11

Evolução da concentração de ozona e óxidos de nitrogênio, com o período do dia²⁵⁴.

Verificou-se também a presença de irritação ocular, mudança nos parâmetros visuais e limites olfatórios. Houve um aumento da sintomatologia quando a concentração de oxidantes fotoquímicos ultrapassou $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou 0,10ppm.

Para uma exposição controlada pelo período de 2 horas a concentrações de ozona de $740 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ou 0,37ppm), os expostos - tanto fumantes como não-fumantes - apresentaram reduções nos parâmetros ventilatórios, porém os efeitos mais precoces ocorreram em relação às pequenas vias aéreas¹⁸⁶. Além desses efeitos, um estudo realizado com população infantil, assinalou também

sintomas de opressão torácica e edema de membros inferiores devido ao desequilíbrio hidroeletrólítico²⁷⁹.

Foram relatadas também alterações eletroencefalográficas com diminuição dos ritmos alfa depois de exposição por curtíssimo tempo (3 minutos) a concentrações de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ou 0,01ppm)²⁹⁴.

A exposição ambiental também pode reduzir a acuidade visual, e se as concentrações de oxidantes forem muito altas, observam-se sintomas de náuseas. Em diversos estudos realizados em Los Angeles Califórnia (EUA), área considerada crítica por seus altos níveis desse poluente, foram verificadas também elevações nas taxas de morbidade e mortalidade por algumas doenças específicas^{179,196,297}.

Sem dúvida, parece que de forma geral o ozona, como indicador dos níveis de poluição oxidante, é o poluente atmosférico de maior ação biológica imediata e a longo prazo. Foram encontradas correlações muito fortes entre os efeitos sobre a saúde e a exposição a poluentes atmosféricos quando se analisaram estatisticamente os resultados relativos ao ozona, muito mais do que em relação aos demais poluentes constituintes do "smog" fotoquímico quando analisados como poluentes simples. A complexidade do "smog" fotoquímico composto tipicamente de ozona, dióxido de nitrogênio, peroxiacilnitratos, nitratos, sulfatos e outros aerossóis em partículas, e agentes redutores, através de sua combinação de contaminantes pode ter um efeito independente, aditivo ou sinérgico sobre a saúde humana.

Dado que os estudos de exposições controladas realizados em homens e animais atestam a maior reatividade biológica do ozona em comparação com outros poluentes (quando simples) parece razoável supor, com a finalidade de sistematizar metas de proteção à saúde humana, que o ozona e os demais oxidantes fotoquímicos são os principais agentes, nas relações de exposição-resposta, a serem observados nos estudos epidemiológicos envolvendo populações.

2.10. Ecotoxicologia do Material Particulado

Materiais particulados ou aerossóis, consistem em sólidos finos ou gotículas suspensas no ar. O termo "partículas em suspensão" abarca um amplo

espectro de sólidos ou líquidos sutilmente divididos no ar, provenientes de processos de combustão, atividades industriais ou fontes naturais. A composição de tal material depende do tipo de fonte que contribui para sua formação e a definição geral que se estabelece em termos da sua velocidade de deposição.

Os maiores particulados são poeiras (englobando também areia e cinzas), fuligem e as menores são as fumaças, névoas e aerossóis. Esses particulados, segundo DIX⁷⁴, possuem as seguintes características:

- (a) **POEIRAS** - Partículas sólidas suspensas no ar com diâmetro entre 0,25 e 500 micron e mais;
- (b) **FUMOS** - Produto de queima de substâncias, com partículas, em geral, de diâmetro menor que 2 micron;
- (c) **FUMAÇA** - Sólidos suspensos no ar, com diâmetro inferior a 1 micron (geralmente produtos de processos químicos ou metalúrgicos)
- (d) **NÉVOAS** - Gotículas líquidas suspensas no ar com diâmetro menor que 2,0 micron.
- (e) **AEROSSOL** - Partículas, sólidas ou líquidas, suspensas no ar, ou algum outro gás ou mistura gasosa com diâmetro menor que 1,0 micron.

Estima-se a emissão global de partículas em suspensão nos moldes do Quadro 2.1.

Para partículas esféricas ideais, podemos obter a velocidade de deposição através da Lei de Stokes²³⁶. O Quadro 2.2 foi obtido pela sua aplicação a alguns diâmetros característicos das partículas que podem ser encontradas na atmosfera.

O tamanho específico do particulado relaciona-se com o comportamento dos poluentes e com o tempo em que eles permanecem na atmosfera. As partículas sólidas grandes, com diâmetro acima de 50 micron, são visíveis no ar e se depositam com razoável rapidez, não causando então maiores

problemas à saúde a longo prazo. Entretanto, produzem frequentemente a poluição do solo porque as partículas com diâmetros acima de 10 micron são depositadas perto dos seus pontos de emissão. Consequentemente, pedreiras, extração de argila, trabalhos com cimento e tijolo, causam poluição do solo nas imediações das fontes.

QUADRO 2.1

Estimativas da emissão de material particulado, para a atmosfera, por processos naturais e artificiais.

PARTÍCULAS		EMIÇÃO GLOBAL(ton/ano)
ARTIFICIAIS		
- Partículas		92×10^6
- Conversão gás/partículas	(SO ₂)	147×10^6
	(NO _x)	30×10^6
- Compostos fotoquímicos	(HC) ^x	27×10^6
- SUB-TOTAL:		296×10^6
NATURAIS		
- Poeiras do solo		200×10^6
- Conversão gás/partícula	(SO)	204×10^6
	(NO _x)	432×10^6
	(NH ₃)	200×10^6
- Compostos fotoquímicos		269×10^6
- Vulcânicas		4×10^6
- Incêndios florestais		3×10^6
- Sais marinhos		1.000×10^6
- SUB-TOTAL:		2.312×10^6

Fonte: Reproduzido de SEINFELD²⁵⁴.

Particulados cujos diâmetros variam entre 15 e 0,01 micron são os de maior significância para a poluição do ar e não são obviamente visíveis, salvo em grandes concentrações atmosféricas.

Nessa gama de tamanhos a velocidade de sedimentação é insignificante quando comparada com o movimento produzido pelo vento e turbulências do ar, essas partículas tendem a permanecer em suspensão por longos

períodos e sofrem reações químicas produzindo poluentes secundários. Partículas com diâmetro inferior a 10 micron agem como núcleos de condensação de água na formação das nuvens.^{83,130,163}

QUADRO 2.2

Velocidade de depósito de material particulado de densidade unitária em ar imóvel.

	Diâmetro(μm)	Velocidade(m/s)
Partículas em suspensão	0,1	8×10^{-7}
	1,0	4×10^{-5}
	10,0	3×10^{-3}
	100,0	0,25
Substâncias depositadas	1000,0	3,90

Nota: (Reproduzido de FUCHS, N.A., "The Mechanics of Aerosols". Oxford, Pergamon Press, 1964).

Os particulados sólidos e gasosos menores podem permanecer suspensos na atmosfera por períodos de até meses. A poluição atmosférica está presente principalmente na troposfera e na baixa estratosfera, com concentração máxima de particulados pequenos, de diâmetro 0,1 a 1 micron^{74,254,295}.

As partículas em suspensão são importantes em relação à saúde não só por permanecerem na atmosfera por mais tempo, mas por serem suficientemente pequenas para ser inaladas e penetrar profundamente nas vias respiratórias (Fig. 2.12). A dimensão das partículas que atingem a árvore brônquica depende do padrão de respiração e anatomia das vias aéreas. Em geral, as partículas com diâmetro superior a 10 microns depositam-se nas cavidades nasais. Aquelas de tamanho intermediário entre 2,0 a 10 micron de diâmetro, na árvore traqueobrônquica, e são removidas através da ação mucociliar no espaço aproximado de 1 a 2 dias. As menores que 2,0 micron podem atingir a região pulmonar propriamente dita - bronquíolos respiratórios, ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos. A remoção dessas partículas é um processo muito mais lento, podendo chegar a 1 ano o tempo de retenção após a inalação.^{3,17,20,80,104,181}

Segundo "Modelo de Weibel"³ de deposição/eliminação, a sedimentação responde por 18-23% da deposição cumulativa, ocorrida entre a 8 e a

15 geração dos bronquios. A deposição nas pequenas vias aéreas é importante em função do "clearance" das partículas insolúveis, que é muito mais lento que nas grandes vias aéreas, e faz com que os irritantes pulmonares permaneçam por um tempo mais longo em contato com os tecidos pulmonares.^{3,17,80,182,237,241,267}

FIGURA 2.12

Sedimentação de aerossóis de vários diâmetros no sistema respiratório humano.

Reproduzido de SEINFELD²⁵⁴.

Conclui-se portanto, que quanto menor o diâmetro da partícula, mais profundamente atingirá o sistema respiratório do homem, tornando mais difíceis as atividades de remoção e eliminação¹⁷.

Além disso, o material particulado também é responsável pela redução na visibilidade ambiental e toma parte em reações com outros contaminantes atmosféricos²⁹⁴.

Efeitos no Homem

Apesar dos mecanismos de defesa anteriormente assinalados, dificultarem o acesso de partículas estranhas aos alvéolos pulmonares, a saúde humana ainda paga um alto tributo à exposição a esse poluente. Esse se traduz numa série de afecções, que mesmo evoluindo principalmente a longo prazo (mais de 10 anos), podem ser de extrema gravidade:

a) **Alergias** - são causadas por vários aeroalergênicos, constituídos na maioria das vezes de partículas sólidas higroscópicas de diâmetro de 1 a 80 micron. Tais partículas, ao atingirem o revestimento brônquico e epitélio alveolar provocam asma e bronquite asmatiforme;

b) **Bronquite Crônica** - é o resultado da exposição prolongada a diversos aerossóis gasosos e sólidos, associados a microrganismos. Ela se traduz por tosse produtiva, hipersecreção brônquica, surgindo evolutivamente uma hipoventilação pulmonar, e a mais longo prazo insuficiência cardíaca por "cor pulmonale". Esta afecção é frequentemente acompanhada pelo enfisema pulmonar;

c) **Câncer Brônquico** - a associação do material particulado com hidrocarbonetos policíclicos carcinogênicos e de outras substâncias dotadas dos mesmos efeitos, explicam a contribuição desse poluente à gênese do câncer de pulmão principalmente em indivíduos não fumantes. Mesmo partículas em suspensão de caráter inerte, do ponto de vista quantitativo, poderão se constituir em sérios riscos para a população exposta;

d) **Pneumoconioses** - patologias pulmonares resultantes da inalação de poeiras de diferentes naturezas. São causadas por acumulação intensa e extensiva das partículas no parênquima pulmonar. O resultado final é a esclerificação dos alvéolos pulmonares, com perda de sua elasticidade, resultando em insuficiência respiratória; em casos específicos de inalação de poeira de amianto, por exemplo, a evolução pode ser fatal por reconhecida carcinogenicidade da substância.

III. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO SOBRE A SAÚDE

A avaliação dos efeitos nocivos da poluição atmosférica sobre a saúde humana tem sido realizada em todo o mundo através de estudos toxicológicos experimentais, principalmente pela exposição controlada de animais de laboratório ou de voluntários humanos. Nos estudos tóxico-epidemiológicos os instrumentos de pesquisa costumeiramente empregados são:

a) Medida da concentração atmosférica dos agentes químicos durante um período de interesse;

b) Medidas de mortalidade excedente considerando-se os óbitos por todas as causas, óbitos por causas específicas, óbitos segundo idade e sexo;

c) Medidas de Morbidade considerando-se incidência de doenças específicas (bronquite crônica, pneumonia intersticial aguda, asma, câncer do aparelho respiratório): a prevalência de algumas doenças anteriormente mencionadas; a prevalência de sintomas respiratórios, exacerbação de doenças pré-existent;

d) Provas funcionais pulmonares.

Os efeitos agudos da poluição química da atmosfera sobre a saúde das populações podem se manifestar de maneira aguda (a curto prazo) ou de maneira crônica (a longo prazo). São principalmente as características quantitativas da exposição que determinarão a resposta aguda ou crônica da população afetada.

Os efeitos agudos da poluição do ar, que conforme a gravidade do episódio podem traduzir-se por um grau extremo da morbimortalidade, podem ter uma avaliação através da investigação do registro de atendimentos médicos executados durante o episódio, da variação de sua frequência e da distribuição por causa, idade, sexo, sendo isolados os fatores que normalmente fazem flutuar os registros de morbidade.

São vários os trabalhos a nível mundial que empregaram os instrumentos de pesquisa recém mencionados, e demonstraram uma relação de causa-efeito entre a poluição atmosférica (principalmente a caracterizada por elevados níveis de material particulado e dióxido de enxôfre), e o aumento da morbimortalidade referente a agravos de origem cardiovascular e respiratória.

Outro recurso intensamente utilizado para se avaliar a morbidade em função da poluição atmosférica é a aplicação de inquéritos domiciliares, amplamente utilizados principalmente nos Estados Unidos.⁹⁴

Entretanto, se a poluição não atinge níveis considerados como críticos, torna-se difícil estabelecer relações de causa-efeito a partir desses dados.

No presente estudo, entretanto, serão consideradas apenas as provas de função pulmonar na avaliação dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana.

3.1. Utilização de Provas Funcionais Pulmonares

Como foi visto nos capítulos precedentes, os poluentes atmosféricos, afetam fundamentalmente os pulmões, e secundariamente outros sistemas orgânicos. Para avaliar o resultado dessa ação agressiva, o exame funcional dos pulmões constitui-se no método de escolha.

As anormalidades da função pulmonar como indicadoras de risco potencial de adoecer são de importância óbvia na consideração dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde. Essas anormalidades podem ser verificadas principalmente através de questionários de sinais e sintomas, e de testes de função pulmonar.

Diante da inexistência de testes ideais, a utilização daqueles disponíveis, além da complexidade inerente, podem mostrar-se passíveis de erro. Novos testes vem sendo desenvolvidos ao longo do tempo, mas muitos não foram ainda validados quanto à sua aplicação em estudos epidemiológicos, que envolvem grandes contingentes populacionais.

Existem na realidade quatro perguntas que o pesquisador deverá fazer a si mesmo em relação à prova de função pulmonar que pretende utilizar para verificar dano potencial à saúde da população estudada devido à exposição a poluentes ambientais:

(a) É o teste uma medida específica da quantidade fisiológica a ser avaliada? Sabe-se que os testes existentes neste momento são de alguma forma "impuros"

porque não dependem de uma única variável fisiológica, mas de uma combinação de funções.

(b) É o teste sensível? Isto é, identificará os casos amostrais e servirá para distingui-los dos demais normais? A resposta a êsse questionamento a princípio não é difícil porque o que pode ser considerado normal ou anormal frequentemente é definido a partir do próprio teste.

(c) O teste é reproduzível e mensurável? Podem ser verificadas variações através de instrumentos ou do observador, e sendo realizado nas mesmas condições obtem-se os mesmos resultados? É facilmente relacionado com variáveis individuais óbvias como sexo, idade, peso e estatura; e em que extensão teve sua "performance" padronizada ou aceita?

(d) Será o teste adequado à população ao qual será aplicado, poderá ser aplicado facilmente a um grande número de indivíduos, e a informação daí decorrente facilmente manipulável e passível de uma análise conclusiva?

Uma variada gama de estudos concernentes à poluição atmosférica depende da demonstração do aumento de sinais e sintomas ou do decréscimo funcional dos indivíduos expostos a diferentes níveis de poluição.

Para detectar alterações funcionais que podem beirar uma situação patológica, necessita-se de um teste sensível, mas não necessariamente específico para uma determinada categoria de doença. Para diagnóstico, entretanto, o teste também precisa ser específico para uma anormalidade funcional que possa ser interpretada em termos da instalação de um processo-doença específico.

3.2. A Escolha do Teste Funcional

Os testes funcionais medem os diferentes fenômenos fisiológicos que ocorrem nos pulmões, incluindo-se a retratividade elástica e a resistência de vias aéreas.

Previamente à descrição do teste funcional que será utilizado, dever-se-á considerar a primeira das questões anteriormente enumeradas - ou seja - o que deve ser medido pelo teste?

De forma bem simplificada os distúrbios ventilatórios podem ser classificados inicialmente em dois grandes grupos:

- (a) Aqueles que envolvem as vias aéreas condutoras.
- (b) Os que afetam o tecido alveolar e o parênquima pulmonar.

Tomando-se o primeiro grupo, os distúrbios das vias aéreas podem ser subdivididos em alterações de grandes e pequenas vias aéreas; e em relação ao segundo grupo, as principais características são alterações estruturais que poderão causar modificações nas trocas gasosas na fase gás/sangue, além de mudanças nas propriedades elásticas dos pulmões.

As vias aéreas com 2 mm ou menos de diâmetro são definidas como "pequenas vias aéreas"^{101,119}. Nesse nível não existe o apoio cartilaginoso. Nas pequenas vias aéreas, ou "zona silenciosa dos pulmões", poderão ocorrer vários processos mórbidos não detectáveis pela simples ausculta pulmonar ou visíveis de forma precoce ao RX^{197,198}. Nos estados mórbidos, as pequenas vias aéreas oferecem significativa resistência à obstrução do fluxo expiratório; ao contrário, no pulmão normal, respondem apenas por uma parte mínima da resistência total. Observações mais recentes e que provocaram grande interesse científico foram as demonstrações de que alguns indivíduos com taxas normais de fluxo expiratório forçado podem apresentar precocemente anormalidades quantificáveis nas pequenas vias aéreas. Esta observação levantou a idéia de que possam ser usadas provas funcionais pulmonares das pequenas vias aéreas para identificar indivíduos que estão nos estágios iniciais ou em risco de desenvolver doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)^{27,88,129}. Além disso, a resposta inflamatória das pequenas vias aéreas foi considerada como uma possível manifestação precoce do processo fisiopatológico que, no final, induz à bronquite crônica e ao enfisema pulmonar.^{31,99,107,192}

Por serem inaudíveis à ausculta é particularmente difícil detectá-las através dos métodos clínicos convencionais, representados primordialmente pela ausculta pulmonar e a radiografia de tórax, com já referido^{192,198}.

A investigação de todo e qualquer efeito da poluição do ar sobre a função pulmonar, deve considerar os três grandes locais de ação: as grandes vias aéreas, as pequenas vias aéreas e os alvéolos¹⁹.

Os testes de função pulmonar que serão abordados nesse capítulo são aqueles que:

- permitem avaliar o estado das vias aéreas durante a manobra expiratória forçada;
- podem avaliar a resistência das vias aéreas;
- aqueles mais recentemente padronizados, que estimam o estado funcional das pequenas vias aéreas.

3.3. Principais Testes de Função Pulmonar

Com a opção apropriada pelo teste a ser empregado pode-se esperar uma avaliação da resistência das vias aéreas, e inclusive estimar as alterações devidas aos componentes relativos às grandes vias. Com os métodos I e II da Tab. 3.1, e aqueles referentes a alterações das pequenas vias aéreas, mais difíceis de serem detectadas sem a utilização dos testes da categoria III.

As alterações nas vias aéreas são caracterizadas principalmente pelo estreitamento, ou obstrução da sua luz, causando um aumento da resistência dessas vias e limitação do fluxo de ar de aporte ou eliminação.

Existem evidências de que as alterações precoces, passíveis de evolução para um quadro pulmonar patológico, iniciam-se nas pequenas vias aéreas periféricas com diâmetro menor que 2mm^{136,192}.

As técnicas que estimam a resistência das vias aéreas, ou a avaliam, de forma indireta, durante a manobra de expiração forçada, são, entretanto, estreitamente dependentes de eventos que ocorrem nas vias aéreas com diâmetro superior a 2mm.^{31,71,119,129,175,197,198}

Estudos experimentais com animais provaram ser possível subdividir os resultados da prova expirométrica para avaliação de resistência de vias aéreas naqueles referentes a grandes vias aéreas e naqueles devidos às pequenas vias aéreas. Verificou-se que as pequenas vias aéreas contribuem com menos de 30% do fenômeno.

TABELA 3.1**Resumo dos principais testes de função pulmonar(*).****I - Dependentes de manobra de expiração forçada:**

"Peak Flow" ou Pico do Fluxo Expiratório (PFE)

Volume Expiratório Forçado na Unidade de Tempo (VEF_{1,0})Relação Percentual Entre Capacidade Vital Forçada e Volume Expiratório Forçado (VEF_{1,0}%), também chamado de Índice de Tiffeneau.**II - Resistência de vias aéreas utilizando pletismógrafo:**

Resistência das Vias aéreas (Rva);

Resistência Específica das Vias Aéreas (SRva);

Condutância das Vias Aéreas (Gva)

Condutância específica das Vias Aéreas (SGva).

III - Testes de Pequenas Vias Aéreas (assim chamados):

Volume de Fechamento de Pequenas Vias Aéreas ou "Closing Volume" (CF)

Fluxo Máximo Expiratório Forçado nos Quartis Intermediários da Curva Espirométrica (FMF_{25-75%})Fluxo Máximo Expiratório em Baixos Volumes (FEF_{25%}, FEF_{50%}, FEF_{75%} ou FEF_{85%}).

* Nota: De acordo com JARDIM, J.R. de B. e colaboradores "Proposta para unificação dos termos e símbolos pneumológicos no Brasil. *Jornal de Pneumologia* 9(1):45-51, 1983.

Os testes de função pulmonar não podem ser considerados como "diagnóstico" na real acepção da palavra. Tais testes, e a combinação deles pode dar uma idéia relativa do estado funcional dos pulmões. Eles podem servir de suporte para uma teoria de uma relação saúde-doença, mas em nenhum caso a resposta é direta^{155,156,158,244}.

A espirometria, e em especial a manobra expiratória forçada é um meio rápido e seguro de avaliação funcional, e devido à sua sensibilidade, pode detectar alterações pulmonares anos antes da ocorrência dos primeiros sintomas de

doenças respiratórias crônicas⁸⁸. Apesar destas se desenvolverem em prazos que vão de 15 a 20 anos, o processo patológico já se encontra avançado quando do aparecimento dos primeiros sintomas, e um instrumento de detecção precoce de alterações funcionais é fundamental para a adoção de medidas de controle.^{88,129}

3.4. Variáveis Espirométricas de Interesse

Aspectos Fisiológicos

A avaliação da função pulmonar utilizando a manobra de expiração forçada impõe antes de tudo o conhecimento de algumas condições importantes de funcionamento das vias aéreas.

Durante a expiração normal, a pressão que age dentro das vias aéreas é maior do que a de fora. Isso leva à conclusão de que as vias aéreas não estão comprimidas.

Quando se realiza a manobra de expiração forçada, as vias aéreas são dinamicamente comprimidas em torno de um determinado ponto - o "ponto de isopressão"; a pressão externa é maior do que a interna e as vias aéreas tendem a se estreitar até colabarem^{31,71,119,191,197}.

De forma geral, admite-se que as medidas de resistência de vias aéreas feitas em repouso, isto é, as vias não comprimidas, proporcionam informações semelhantes sobre a mecânica pulmonar que as medidas efetuadas durante a expiração forçada, ou seja, com as vias comprimidas^{197,208,235,265}.

Variáveis medidas sob essas duas circunstâncias levaram à mesma conclusão - o fluxo expiratório forçado mostra uma redução quando a resistência nas vias aéreas aumenta.

As medidas de resistência refletem uma relação pressão/fluxo das grandes vias aéreas, intra e extratorácicas, em um estado de não-compressão. As medidas de fluxo expiratório máximo refletem uma complexa interação entre a geometria das vias aéreas, compressibilidade, e em certo grau, a retração elástica dos pulmões^{31,265}.

Diante do exposto, a escolha do teste funcional determinará o resultado encontrado, e é desejável que os testes possam ser selecionados para estudar o estado das vias aéreas sob as duas condições: em compressão e em não-compressão. O estudo de indivíduos asmáticos assintomáticos apresentou medidas de resistência de vias aéreas em estado não-compressivo dentro dos limites normais, mas com anormalidades nas relações fluxo-volume expiratório máximo importantes^{191,192,197}. Serviu para enfatizar que medidas de resistência total de vias aéreas, se mostraram inúteis para avaliar alterações das pequenas vias aéreas, e que outros testes aparentemente não aplicáveis para tal detecção podem ser de importância decisiva.

Durante a expiração forçada, o fluxo é medido desde o ponto de capacidade pulmonar total até ao ponto que corresponde ao início do volume residual. Isso torna possível medir fluxos em vários momentos - em altos volumes ("Peak Flow" e Volume Expiratório Forçado no 1º Segundo), e em baixos volumes (Fluxo Expiratório Forçado entre 200 e 1200ml e Fluxo Médio Expiratório Forçado 25-75%)^{146,197,213}. Isso é importante para mostrar que medidas de fluxo em altos e baixos volumes podem retratar diferentes aspectos funcionais das vias aéreas numa mesma curva espirométrica¹⁰¹.

No início da manobra expiratória forçada os fluxos, dependem intrinsecamente do esforço muscular empregado pelo paciente. Pode-se notar que aos grandes volumes pulmonares, o fluxo continua a aumentar com o esforço como deve ser esperado¹¹⁹. No entanto, aos médios e pequenos volumes, o fluxo atinge um "plateau" e não pode ser aumentado com o incremento na pressão intrapleural. Sob essas condições, o fluxo torna-se portanto relativamente "independente do esforço". A razão para esse comportamento notável é a compressão das vias aéreas pela pressão intratorácica³¹. Após 50 a 70% do volume pulmonar total haver sido expirado, o fluxo começa a se tornar progressivamente independente do esforço e é então principalmente afetado pelo estado de retração elástica dos pulmões e da resistência de fricção das vias aéreas^{31,197}.

Uma importante resistência ao fluxo ocorre nas vias aéreas periféricas nos pontos de "isopressão", quando a pressão lateral da via aérea ultrapassa a pressão pleural e as vias aéreas começam a sofrer colapso dinâmico ou compressão. Na maioria das manobras expiratórias, os pontos de isopressão estão localizados ao nível do segmento brônquico (grandes vias aéreas), mas durante a expiração do

trecho correspondente aos 25% finais da capacidade vital, esses pontos movem-se para áreas mais periféricas das pequenas vias aéreas^{191,197}.

Como resultado do exposto o fluxo máximo a baixos volumes é determinado pela retração pulmonar e pela resistência das pequenas vias aéreas. Nos altos volumes o fluxo é dependente do esforço muscular e da resistência das grandes vias aéreas¹⁹⁷. Logicamente a retração elástica pulmonar afetará os resultados; assim, não existem medidas "puras" do estado funcional apenas das vias aéreas.

A espirometria simples, em geral pode diferenciar os distúrbios pulmonares obstrutivos dos restritivos pelas medidas da capacidade vital e dos índices do fluxo expiratório.

Em relação à exposição ambiental de um indivíduo podem ocorrer duas formas de alteração de sua função pulmonar, conforme se visualiza pela Fig. 3.1. Quando ocorrem doenças fibróticas a perda funcional assume uma característica restritiva. A área funcional dos pulmões decresce e pode-se verificar que a capacidade vital total e o volume residual estão reduzidos. As vias aéreas não estão obstruídas mas a retração elástica aumenta em função da abundância de tecido fibroso que se entremeia nos pulmões. Assim, os fluxos expiratórios comumente estão dentro dos limites da normalidade e a relação $VEF_{1,0}/CVF$ em torno de 100%. O pequeno volume, combinado com fluxos normais ou aumentados resulta num padrão típico de curva expiratória, que classifica o quadro pulmonar como restritivo.^{10,71,101,119,265}

A perda funcional de caráter obstrutivo ocorre quando as pequenas vias aéreas estão parcialmente ocluídas, mas a entrada de ar ainda é possível. Seus efeitos são mais aparentes durante a manobra expiratória, verificando-se que os fluxos expiratórios forçados estão reduzidos, porém a capacidade vital total está normal. Fluxos reduzidos são normalmente mais graves nos volumes pulmonares pequenos. Isso resulta também em uma curva com desenho típico, isto é, apresentando uma diminuição nos índices de fluxo e uma capacidade vital normal ou aumentada.^{56,71,101,110,129,136}

Uma vez estabelecido o complexo "background" fisiológico que envolve a manobra expirométrica forçada, devemos discutir que variáveis obteremos com tal procedimento.

FIGURA 3.1

Representação esquemática das características dos traçados espirométricos em função das modificações fisiopatológicas pulmonares.

Definição das Variáveis Espirométricas

No presente trabalho serão consideradas as seguintes variáveis obtidas de uma curva espirométrica resultante de uma expiração forçada, como assinalado na Fig. 3.2.^{31,119,155,244}

Capacidade Vital Forçada (CVF):

Definição - É o ponto de partida para a realização da definição das demais variáveis. Traduz-se, em última instância, na própria manobra expiratória forçada. A capacidade vital forçada é o maior volume de ar medido após a expiração completa. Para tanto o indivíduo deverá ter inspirado a maior quantidade de ar possível e exalado completamente, num espirômetro ou outro dispositivo semelhante, o mais rapidamente possível.

Significação: A capacidade vital forçada pode variar em torno de 20% com relação ao padrão de normalidade predito para indivíduos sadios; pode variar

no decorrer do tempo intraindividualmente dependendo da posição do corpo, ritmicidade circadiana e outras considerações fisiológicas.

Um decréscimo na capacidade vital forçada traduz uma perda na elasticidade do tecido pulmonar principalmente nos casos de fibrose, asma e enfisema. Também são verificados decréscimos dessa medida nos casos de edema pulmonar, pneumonias, atelectasias e restrição pulmonar²³⁶. A validade do teste está estreitamente condicionada à cooperação e esforço do examinando.

FIGURA 3.2

Modelo reduzido da folha de registro da curva expirométrica e definição das principais variáveis espirométricas de interesse.

Volume Expiratório Forçado no 1º segundo (VEF_{1,0})

Definição - O volume expiratório forçado é o volume máximo de ar expirado num determinado intervalo de tempo, durante a execução da manobra de obtenção da capacidade vital forçada (CVF). Os intervalos de tempo de maior significado clínico e mais comumente utilizados são do VEF_{0,5}, VEF_{0,75}, VEF_{1,0}, VEF_{2,0} e VEF_{3,0}, onde os números refletem o tempo decorrido, em segundos, a partir do início da manobra. O VEF é comumente expresso em litros.^{71,244}

Significação: Desde que o $VEF_{1,0}$, por definição, é o volume de ar expirado em uma unidade de tempo, pode ser caracterizado, em última instância, como uma medida de fluxo. Esse simples método pode ter na realidade o mais complexo delineamento fisiológico de todos os testes funcionais ventilatórios. O teste depende do fluxo expiratório máximo em um determinado volume pulmonar, que depende por seu turno da pressão de retração dos pulmões e resistência intrapulmonar das vias aéreas^{235,265}. Está também associado às variações do fluxo expiratório máximo em suas relações com os volumes pulmonares, isto é, às mudanças na pressão de retração com a variação do volume, ou "compliance", e por fim, às variações da resistência intrapulmonar das vias aéreas com as mudanças nos volumes dos pulmões.

O $VEF_{1,0}$ congrega um grande número de informações sobre os mecanismos pulmonares, e pode variar não apenas por doenças das vias aéreas, como também pela redução da pressão de retração dos pulmões, secundárias à patologias que atingem os alvéolos. Ele é utilizado como identificador de patologias específicas, mas pode ser utilizado com vantagem na triagem de um indivíduo com redução na função pulmonar. Como foi visto para o CVF, a validade desse teste também depende muito do esforço e cooperação do indivíduo.

A mais importante aplicação imediata do $VEF_{1,0}$ é a sua correlação percentual com o CVF do paciente.

O $VEF_{1,0}$ entretanto tem a desvantagem de não ser sensível às alterações precoces determinadas por doenças que se iniciam nas pequenas vias aéreas mais periféricas.

Relação Percentual entre $VEF_{1,0}$ e CVF ($VEF_{1,0}\%$)

Definição - O $VEF_{1,0}\%$, também conhecido por Índice de Tiffeneau, é o estabelecimento do volume expiratório forçado num dado intervalo de tempo, expresso proporcionalmente à capacidade vital forçada.

Significação: Um indivíduo adulto normal pode expirar 60% de sua capacidade vital forçada em 0,5 segundo, 83% em 1 segundo, 94% em 2 segundos e

97% em 3 segundos²⁰⁰. Pessoas que apresentam doença pulmonar com quadro predominantemente obstrutivo, em sua maioria tem VEF_{1,0}% reduzido. No entanto, pacientes com patologias ventilatórias de caráter restritivo podem apresentar um VEF_{1,0}% normal, mesmo que o CVF esteja abaixo dos limites de normalidade.

"Peak Flow" (PEF)

Definição - O "Peak Flow" é o fluxo máximo obtido no trecho inicial da manobra expirométrica forçada.

Significação: O "Peak Flow" é a medida de fluxo na parte mais inicial da manobra espirométrica forçada e é um bom indicador das características do fluxo do ar nas grandes vias aéreas (com mais de 2mm de diâmetro).

Tem se apresentado como um dos mais convenientes e viáveis parâmetros ventilatórios usados em testes de função pulmonar. Como avaliação fisiológica, depende tanto da capacidade de retração dos pulmões, como da resistência ao fluxo das grandes vias aéreas. Entretanto, subestima alterações funcionais que podem estar afetando as pequenas vias aéreas.^{155,297,298}

A utilização deste parâmetro em estudos com crianças asmáticas assintomáticas, mostrou maiores variações entre crianças normais e também entre as asmáticas, que o volume expiratório forçado (VEF_{1,0}) no primeiro segundo, revelando-se mais sensível na detecção de patologias^{166,171,173,262,269}.

Fluxo Médio Expiratório Forçado (FMF_{25-75%})

Definição - O fluxo médio expiratório forçado corresponde aos dois quartis intermediários da capacidade vital forçada (CVF), isto é, entre 25 e 75% dessa curva.

Significação: O FMF_{25-75%} inclui mais do que a parte inicial da expiração e pode ser um bom indicador do estado funcional das vias aéreas mais distais. As limitações do uso do VEF_{1,0} e do "Peak Flow" podem ser minimizadas com a realização de medidas de fluxos a baixos volumes.^{31,110}

As variações nos fluxos máximos expiratórios forçados medidos a baixos volumes mostraram diferenças mais significantes entre crianças normais e asmáticas do que as medidas dos demais parâmetros ventilatórios^{102,145,156,167,171,252,284}.

Nos baixos volumes pulmonares, os fluxos dependem da retração elástica dos pulmões e da resistência à fricção das pequenas vias aéreas. A medida do FMF_{25-75%} pode fornecer uma indicação confiável dos estágios iniciais de alterações patológicas das pequenas vias aéreas^{31,156,192,197,198}.

A utilização desse parâmetro é duplamente vantajosa, pois além do exposto é também, relativamente independente do esforço e colaboração do paciente. Dessa forma é uma prova altamente reprodutível para um mesmo indivíduo (desde que perfeitamente iniciada). Dentre as medidas extrapoladas da manobra expiratória forçada máxima, o FMF_{25-75%} é a que apresenta, no entanto, maior coeficiente de variação uma vez que é originária de duas medidas de volume e duas medidas de tempo, o que requer procedimento cuidadoso da parte do pesquisador.

A relação fluxo/volume durante a manobra do CVF, principalmente no seu trecho final, mostrou-se a mais sensível na indicação do estado de resistência de pequenas vias aéreas^{62,71,191,192,208,298}.

Devido a essa peculiaridade, o FMF_{25-75%} pode ser utilizado como método sensível na diferenciação do NORMAL em relação ao ANORMAL¹²⁴, mas deve ser empregado preferencialmente nos estudos em que os indivíduos possam ser utilizados como seus próprios controles^{27,29,99,111,145,156}.

3.5. Utilização de Testes de Função Pulmonar

O poder discriminativo de um teste funcional é frequentemente melhor em estudos epidemiológicos do que apenas em diagnósticos individuais^{31,102,110}. Considerando-se que uma manobra expiratória forçada pode fornecer um grande número de informações, tais como as anteriormente enumeradas, sua utilização em estudos epidemiológicos mostra resultados bastante satisfatórios.

Um processo de análise baseado nos parâmetros anteriormente mencionados, com o prévio conhecimento da história natural das doenças que podem condicionar tais limitações, amplia consideravelmente a utilidade das informações contidas no traçado espirométrico.

A escolha dos testes a serem aplicados já foi discutida em item anterior nesse capítulo; porém quando um grande número de indivíduos é estudado, ou em particular quando se faz necessário um estudo prospectivo, a padronização e a legibilidade dos dados assume uma importância muito maior que no exame clínico individual. Em estudos epidemiológicos com um contingente amostral elevado, o tempo disponível para o exame com cada indivíduo é escasso e a repetição dos testes para eventual correção de erros técnicos se torna praticamente impossível. É necessário, então, o estabelecimento de um rigoroso controle de qualidade, de tal forma que as falhas detectadas e suas causas possam ser eliminadas ainda durante o exame^{68,102}. Se esse controle não for realizado no transcorrer do estudo, os erros técnicos emergentes poderão comprometer a qualidade dos resultados previamente obtidos.^{27,30,55,93,99,108,122,124,145}

Por sua complexidade os estudos epidemiológicos, visando a avaliação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde, tornam necessária a rigorosa atenção de todas as possíveis fontes de falha técnica ou operacional.

Os pesquisadores participantes da Reunião de Trabalho para Padronização da Espirometria em Estudos Epidemiológicos realizada em Snowbird (Utah)^{10,11} recomendaram a padronização dos testes espirométricos, e dos protocolos de investigação para que as pesquisas conduzidas por diferentes investigadores, pudessem apresentar resultados passíveis de comparação posterior entre si.

3.6. Cuidados na Realização da Manobra Espirométrica: Número de Repetições

Nas provas de função pulmonar fatores cruciais, exaustivamente discutidos por diversos especialistas da área, são: a questão da utilização do valor máximo, ou da média dos melhores valores, obtido por cada indivíduo na realização

da manobra espirométrica forçada; a definição do número de tentativas que cada indivíduo examinado deverá realizar.^{11,27,68,93,102,233,235,260}

Na prática, é recomendado pela American Thoracic Society¹¹ que sejam executadas pelo menos três repetições tecnicamente satisfatórias, após dois ensaios prévios. Outras recomendações são feitas no sentido de que os estudos epidemiológicos que envolvessem medidas de Capacidade Vital Forçada (CVF) ou outros volumes em função do tempo, deveriam utilizar para cada variável espirométrica, a média das duas melhores curvas em cinco realizadas, pelo indivíduo^{93,102}.

A Escolha da Curva para Análise

Alguns estudos demonstraram que a variância entre as "três melhores" curvas foi maior que a escolha do melhor desempenho^{155,156}. Mais recentemente, um estudo considerando a variabilidade intraindividual e a impossibilidade de aplicação de um fator de correção único, uma vez que as variações são intrínsecas ao indivíduo e portanto não aplicáveis a grupos, comparou as diferentes formas recomendadas⁹³. Esses trabalhos concluíram que o melhor critério de escolha da curva espirométrica para análise dos parâmetros selecionados é a **melhor curva**, isto é, a curva de melhor desempenho entre um mínimo de três aceitáveis. Todo critério de aceitabilidade incluiu o valor de 5% de variabilidade máxima entre elas, isto num indivíduo adulto corresponde a cerca de 200ml para Capacidade Vital Forçada (CVF).

Outro estudo corrobora tal recomendação, pois mostrou pela análise de variância que as diferenças mais significativas foram entre duas sessões de exames, e não entre as tentativas de uma mesma sessão¹⁶⁷. As diferenças portanto não se associaram ao fator aprendizado. Porém, em estudos com população infantil o fator aprendizado não deverá ser negligenciado.

Restrições Impostas à Execução da Manobra

Além dos critérios enumerados anteriormente, a execução do teste deveria ser observada pelo examinador. Assim, para que o teste espirométrico seja considerado válido, ou aceitável, o examinador deve verificar se o examinando

compreendeu as instruções, se a expiração foi feita de forma contínua e com o máximo empenho. De acordo com as recomendações feitas, a prova não é considerada satisfatória se o indivíduo examinado:

- (a) Tossir durante a manobra expiratória;
- (b) Fechar a glote (manobra de Valsalva);
- (c) Finalizar a expiração abrupta ou prematurante;
- (d) Permitir vazamentos entre os lábios e o bocal;
- (e) Obstruir o bocal com a língua;
- (f) Cerrar os dentes à frente do bocal;
- (g) Hesitar ou executar um falso início da prova;

Recomenda-se ainda a utilização de um clampeador ou pinça de narinas, e no caso do teste ser realizado em crianças menores de 12 anos, que seja executado estando a mesma de pé^{102,155,156}.

Ressalta-se a importância da padronização dos métodos, pois os resultados de um mesmo estudo podem não ser afetados por procedimentos diferentes, mas as comparações deste com os da literatura especializada podem ser difíceis ou mesmo perigosas se os métodos de obtenção dos valores não forem uniformizados⁶⁸.

3.7. Variabilidade entre Instrumentos e Equipamentos

O equipamento a ser utilizado deverá ser muito simples de operar e a calibração sistemática deverá ser obrigatória. Sempre que possível deverá ser utilizado o mesmo equipamento, e se o tamanho da amostra não permitir isso, todos os equipamentos e instrumentos deverão estar calibrados entre si. Os fluxômetros do tipo WRIGHT (Peak Flow Meter) apesar de largamente empregados para o estabelecimento do "Peak-flow", têm o inconveniente de serem difíceis de calibrar, além de apresentarem consideráveis variações entre si. É recomendável o uso do espirômetro seco, pois ao invés do tipo mais comumente utilizado - o de campânula e com coluna de água - aqueles virtualmente não oferecem resistência ao fluxo aéreo como esses. Os pneumotacógrafos vem sendo empregados mais

recentemente, e, à semelhança dos espirômetros de fole seco, seus sistemas têm pequena inércia e também proporcionam excelentes resultados^{31,55}.

As maiores vantagens dos espirômetros de fole seco são: a facilidade de transporte para trabalho de campo, manejo simplificado, manutenção e calibração simples.

Os equipamentos utilizados em estudos com crianças não são a rigor diferentes daqueles usados em adultos. No entanto, são necessárias algumas considerações antes da escolha do espirômetro¹⁰².

Devido aos baixos fluxos e volumes característicos das crianças, os equipamentos necessitam ser precisos a baixos volumes (+ - 3% da escala ou 30ml) e a sensibilidade da escala ajustada de forma a detectar 20 a 40ml de variação. Ressalta-se ainda que para medidas de fluxo a precisão do equipamento deve ser + - 0,5% ou 0,1 l/seg. Outra recomendação é que as dimensões do bocal devem ser adequadas ao tamanho do paciente^{145,210,213,233,286,287}.

Apesar de existirem diferenças entre equipamentos, elas devem ser solucionadas pela calibração adequada. Por essa razão estudos que não consideram a necessidade da calibração adequada antes e depois de cada sessão de exames, não podem prover o pesquisador de dados consistentes e confiáveis.

3.8. Padronização dos Resultados

Usualmente, o método utilizado para a eliminação das flutuações introduzidas nos dados, devidas à variação da temperatura ambiente e da pressão atmosférica, em relação as condições internas no organismo humano, é a padronização dos resultados expirométricos obtidos, na situação ambiental (ATPS) para condições orgânicas (BTPS). Esse método tem suas raízes no uso de espirômetros de coluna d'água. Com a introdução dos espirômetros secos a utilidade do método foi considerada duvidosa, no entanto ainda é tida como razoável sua aplicação. Alguns estudos, objetivando a padronização de métodos e fatores de correção para espirômetros secos, observaram que numa variação ambiental de 14 a 35 graus centígrados, a flutuação nos valores foi de apenas 0,5%⁵⁰. Apesar disso, porém, ainda se recomenda a transformação dos valores espirométricos lidos com o ar em condições de temperatura e pressão barométrica

ambientais e saturado de vapor d'água (Ambient Temperature, normal barometric Pressure and fully Saturated with water vapour, ou ATPS) para condições do ar expirado para temperatura corporal, pressão barométrica padrão e saturado de vapor d'água (Body Temperature, standard barometric Pressure and Saturated, ou BTPS), principalmente, nos locais onde a amplitude de variação da temperatura e da pressão ambientais é muito grande.

3.9. Provas de Função Pulmonar em Crianças

As provas de função pulmonar são realizadas em crianças pelas mesmas razões que em adultos, isto é, para diagnóstico, tratamento/controle e propósitos de pesquisa.

Os testes de função pulmonar notadamente a espirometria, testes de volumes e fluxos pulmonares, e de capacidade de difusão podem ser realizados, com grau de confiabilidade semelhante aos adultos nas crianças a partir dos 6 anos de idade, porém com o cuidado de verificar alguns ajustes na técnica e atenção aos fatores somáticos e de crescimento^{233,234,253,257,265,285}.

Considerações acerca do crescimento

O crescimento e o desenvolvimento do sistema respiratório inicia-se nos primórdios da vida fetal e continua após o nascimento²²⁶. O desenvolvimento dos alvéolos pulmonares é exponencial a partir do nascimento, atingindo um platô de crescimento por volta dos 8 anos de idade. À luz dos conhecimentos atuais os alvéolos crescem em área total e complexidade de forma linear com a superfície corporal. Somente aos 12 anos de idade tem início o aparecimento de fibras elásticas nas paredes alveolares²³⁴. Isso certamente vai determinar a partir deste momento um incremento na retração elástica dos pulmões com o aumento da idade nas crianças. À parte do incremento do número de alvéolos, com um patamar ao redor dos 8 anos de idade e sua subsequente estabilização, ocorre ao mesmo tempo um rápido crescimento no tamanho dos alvéolos. Verifica-se a existência de um ponto em comum nessas duas curvas de crescimento em torno dos 12 anos de idade (adolescência), quando as curvas espirométricas começam a assemelhar-se às dos adultos.^{26,68,73,139,155,234}

Nas crianças, o crescimento da área de troca gasosa associa-se às dimensões corporais, determinadas principalmente pela estatura, raça e sexo, sendo essas variáveis as de maior significância preditiva da função pulmonar^{139,140,155,171,196,210,217,223,227,235}.

Contrariamente ao que ocorre em adultos, a idade é apenas um preditor secundário à estatura, e normalmente não é incluída quando se determinam valores-referência para provas de função pulmonar em crianças. Nos estudos com crianças o peso e a idade mostram associação menos significativa com as variáveis espirométricas do que a estatura, o sexo e a raça^{26,66,73,86,102,155,235,243,253}.

Entretanto, o crescimento somático e a função pulmonar seguem padrões ligeiramente diferentes entre meninos e meninas. As crianças pré-adolescentes do sexo feminino parecem ter vias aéreas maiores em relação às dos meninos, fato esse evidenciado através de um CVF menor e uma relação $VEF_{1,0}/CVF$ maior nas meninas^{86,227,234,277}. Para a mesma estatura na faixa etária de 3-7 anos, os fluxos obtidos das curvas espirométricas das meninas são também maiores que dos meninos^{234,277}.

Vários estudos sugerem que as diferenças relativas ao tamanho das vias aéreas, associadas ao fator sexo, modificam-se de tal forma que os valores dos fluxos relativos aos volumes pulmonares dos meninos alcançam e mesmo ultrapassam os das meninas durante a adolescência^{86,140,277,298}.

Importância do fator racial

Em relação ao componente raça, existem evidências de que as crianças negras pré-adolescentes tem volumes pulmonares menores, em cerca de 15%, quando comparadas com crianças de outros grupos étnicos^{137,139,140,223,243}. Segundo esta linha de raciocínio, o fator racial apresenta maior magnitude de associação com parâmetros ventilatórios de volume (CVF, $VEF_{1,0}$, VVM) porque estão relacionados com características anatômico-fisiológicas deste grupo étnico.

Isso foi corroborado em estudo que objetivou verificar o curso da função pulmonar ao longo dos diferentes estágios de desenvolvimento somático entre brancos e negros^{253,257,272}.

Verificou-se que as diferenças raciais na espirometria eram geralmente eliminadas após controlar a variável "tamanho dos pulmões" através do ajuste do CVF. Não foram entretanto verificadas diferenças significantes nos fluxos entre meninos e meninas. No entanto, as conclusões desse estudo sugerem a possibilidade de diferenças entre a geometria dos pulmões das meninas em relação a dos meninos e suas funções, e não diferenças de tamanho.

Faz-se então necessária a utilização de padrões específicos que levem também em conta o fator racial para uma correta interpretação dos testes de função pulmonar^{24,66,140,217,233,285}. Entretanto, as variáveis envolvendo os fluxos tem comportamento interacial semelhante dispensando o tratamento em separado para diferentes grupos étnicos.

Constatou-se que a aceleração rápida no crescimento dos parâmetros ventilatórios em função da estatura ocorre com a instalação da puberdade. Essas alterações ocorreram com máxima intensidade quando a estatura atingiu 152,5 cm. A partir de então as provas funcionais possuem características semelhantes às dos adultos^{73,86,213,235,252}

3.10. Equações de Predição e Padrões de Normalidade

Os vários testes de função pulmonar são utilizados para auxiliar na tomada de decisões na área médica, em conjunto com avaliação de sinais e sintomas, diagnóstico físico-clínico e outros testes laboratoriais^{11,62,68,88,110,145,190,252}.

Testes funcionais servem, em geral, a vários propósitos:

- 1) Chegar a um diagnóstico correto sobre um paciente que se sabe estar doente;
- 2) Estimar um prognóstico em pacientes com uma patologia conhecida;
- 3) Indicar se uma patologia já se acha em estágio sub-clínico numa pessoa aparentemente sadia;

4) Indicar a evolução futura de uma patologia, isto é, delinear os possíveis fatores de risco.

Outras aplicações incluem: o monitoramento do uso de fármacos; a exclusão de patologia suspeita; a estimativa das condições gerais de um indivíduo e seguimento prospectivo de grupos de risco a contrair uma patologia^{11,56,201,252}.

Estudos pioneiros realizados no final do século XIX empregando provas funcionais pulmonares, verificaram que os índices espirométricos diferiam, não apenas entre os sexos, mas também com a estatura e idade do indivíduo. Outros estudos posteriores confirmaram os achados iniciais, isto é, os índices quantitativos variavam com as dimensões corporais, idade, sexo, raça. Os dados fisiológicos também variam de forma intra-individual e inter-individual^{166,93,155,158,167}.

Todas as fontes de variação contribuem para a distribuição dos resultados medidos. Alguns estudos tentaram desenvolver métodos de descrever da forma mais precisa possível a associação de uma ou mais variáveis pessoais com os índices funcionais pulmonares. Isso é feito basicamente através de uma análise de regressão com todos os fatores de interesse. No uso de uma particular equação de regressão é implicitamente assumido que a população de referência e as técnicas de registro utilizadas para essa população são relevantes para a própria população que se deseja estudar e para os equipamentos que serão utilizados^{62,66,68,73,76,86,140,145,233,235}.

Alguns pesquisadores verificaram que através do uso da análise de regressão linear múltipla poderiam ser estabelecidos "padrões" de normalidade fisiológica, e que esses padrões ditos preditivos poderiam ser derivados para um indivíduo. Os padrões de referência são derivados de amostras populacionais, na maioria das vezes constituídas apenas por indivíduos sadios^{66,68,102,123,155,235}.

Para muitas das aplicações assinaladas acima, faz-se necessário o estabelecimento de um "padrão de normalidade", isto é, medidas que traduzem o estado fisiológico da função que se pretende avaliar. É muito comum o uso da classificação de provas funcionais em "normal" e "anormal" em relação aos chamados "padrões de normalidade"^{155,221,233,260}.

Como esse termo é muito controverso na sua definição, foi recentemente abandonado em favor do termo "valores de referência".

De acordo com o exposto, depreende-se que a escolha dos "valores-referência" deve estar relacionada ao objetivo do teste.

Quando se deseja estudar a função pulmonar de uma população-referência, é imprescindível que a avaliação de um índice de função pulmonar seja realizado nessa população em particular. No entanto, isso é impraticável na maioria das vezes. Faz-se necessário então a utilização de estudos onde as variáveis biológicas de interesse (no caso, os parâmetros ventilométricos) tenham sido medidas sob várias condições, onde possíveis "vieses" sejam neutralizados pelos aspectos quantitativos e qualitativos da amostra estudada^{233,235}.

Os valores-referência sumarizam a distribuição de um índice numa amostra populacional. Através de um dado resultado pode-se verificar como ele se posiciona numa distribuição chamada "normal". Se esse resultado fica fora do intervalo de referência considerado como normal, pode-se suspeitar da instalação de um processo patológico, que demandará outras formas de investigação.

A utilização de padrões de normalidade para provas funcionais pulmonares serve apenas como parâmetro de "rastreamento" (ou "screening" inicial) das condições da população que se pretende investigar.

Diante da dificuldade de definir uma população "normal" a partir da qual seriam derivados os padrões de referência, uma alternativa prática é adotar as recomendações do GAP¹⁰² para rastrear pesquisas que tenham estudado populações infantis, abrangendo as variadas etnias, consideradas "sadias":

- 1) Não apresentar doença respiratória aguda no presente, crônica no passado;
- 2) Não apresentar doenças respiratórias tais como anomalias congênitas, pneumonias de tipo destrutivo, ou cirurgia torácica na história médica pregressa;
- 3) Não apresentar doença sistêmica que tenha direta ou indiretamente influência reconhecida sobre o sistema respiratório;
- 4) Não sejam tabagistas (exceto incidentalmente);

5) Não apresentar história pregressa imediata (3 semanas) de infecções do trato respiratório antes do início da investigação.

Dessa forma, a seleção da equação de regressão para estimar valores preditivos a ser utilizada deverá contemplar as de estudos que tenham considerado, além do atual estado de higidez da criança, também suas condições nutricionais, sócio-econômicas, étnicas e faixa etária de aplicação, tudo isso em tamanho amostral representativo^{155,207,210, 233,235}.

O grupo referência deverá ser similar ao grupo que se pretende estudar, e também devem ser obedecidos os mesmos protocolos de investigação.

A introdução de técnicas de análise por meio de computadores digitais, facilitou a determinação dos parâmetros da função pulmonar e automaticamente compará-los com os valores obtidos com os valores-padrão baseados em fatores como sexo, idade, estatura e raça. Em geral, as equações de regressão desenvolvidas para interpretação da função pulmonar em adultos não são aplicáveis a crianças^{55,73,123}. Para estudos epidemiológicos em crianças os melhores modelos preditivos são os indicados por POLGAR & PROMADHAT^{233,235} que compilaram e analisaram as equações de regressão desenvolvidas por diversos pesquisadores que se dedicaram ao estudo da função pulmonar na população infantil, abrangendo larga faixa de idade e os diversos grupos étnicos.

**IV. ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE POLUIÇÃO DO AR
UTILIZANDO PROVAS FUNCIONAIS VENTILATÓRIAS**

Como foi anteriormente discutido, as provas funcionais pulmonares constituem o método ideal para se avaliar o efeito da poluição do ar sobre a saúde humana. Uma vez que os resultados são expressos numericamente e como cada indivíduo examinado pode ser comparado com o que se denomina um "padrão de normalidade", obtém-se uma avaliação mais objetiva do estado fisiológico (ou fisiopatológico) dos pulmões em face da agressão do meio ambiente, expressa pela poluição do ar respirado pelo indivíduo.

São numerosos os estudos que em todo mundo têm sido realizados utilizando essa técnica, com o objetivo de avaliar o efeito da exposição à poluição do ar sobre a saúde das populações.

Os estudos epidemiológicos utilizando provas funcionais ventilatórias esbarram, porém, em uma dificuldade importante - o fato da população a ser estudada e aquela que eventualmente for usada como controle poder apresentar um grande número de fumantes.

O hábito do tabagismo torna-se um problema pois de acordo com ROSENBERG, referido em RIBEIRO²³⁸

"... é do consenso geral que o tabagismo é a mais importante causa da bronquite crônica e do enfisema pulmonar, e portanto, da doença pulmonar obstrutiva crônica. O tabagismo induz a alterações das defesas pulmonares e a processos inflamatórios insidiosos do parênquima pulmonar".

Em face do exposto, um estudo epidemiológico ideal sobre a influência da poluição do ar sobre a saúde humana seria aquele em que tanto a população exposta, quanto controles fosse constituída por não-fumantes. Como tal população ideal seria praticamente impossível de se encontrar, principalmente em se tratando de adultos, os estudos epidemiológicos utilizando-se provas funcionais ventilatórias têm sido feitos com crianças, também pelas seguintes razões:

- A evidência de que nos episódios agudos de poluição do ar as crianças constituem um dos grupos mais vulneráveis da população geral, pela reconhecida suscetibilidade de seu aparelho respiratório;

- A ausência, pelo menos nas idades menores, de exposição ambiental ocupacional, e do hábito de fumar;
- A atividade predominantemente ao ar livre, com maior tempo potencial de exposição macro-ambiental que outros segmentos populacionais;
- A possibilidade dada pelas escolas de facilitar o acesso a esse grupo populacional em um maior número.

Assim, utilizando-se populações infantis visando o estabelecimento de um possível nexos causal entre níveis de poluição do ar a agravos respiratórios e provas funcionais ventilatórias, encontramos vários estudos em âmbito mundial, relacionados aos diferentes tipos de poluição.

4.1. Considerações Históricas

Desde a década de 1960, vem sendo realizados muitos estudos em populações infantis. Cada vez mais um maior número de investigadores verificou as vantagens especiais de utilizar crianças como objeto de estudo dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana.

Os principais estudos epidemiológicos realizados em crianças dividiram-se em dois grupos: aqueles em que os autores objetivaram apenas demonstrar uma associação entre poluição do ar e efeitos adversos sobre a saúde; e aqueles em que foram estimados indicadores de efeitos de exposição.

Das várias pesquisas elaboradas com o objetivo de se verificar a associação de exposição à poluição atmosférica e os efeitos adversos sobre a saúde, destacaram-se aquelas que utilizaram provas de função pulmonar, algumas das quais serão descritas a seguir.

Um dos projetos, estudou 113 escolares da faixa etária de 10/11 anos residentes numa área com elevado nível de poluição em Kawasaki (Japão), comparando-os com 94 crianças de mesma faixa etária que viviam em uma área rural afastada cerca de 32km da área industrial²⁷⁹. A poluição do ar foi medida nas escolas no período de 1950 a 1960.

Os resultados, expressos em unidades de poeira sedimentável, não puderam ser convertidos em medidas do particulado total em suspensão. Mesmo não sendo expressos em unidade passível de comparação com outros estudos, os níveis de material particulado na área industrial foram considerados elevados, pela referência das crianças quanto à deposição de poeira nos cadernos e outras superfícies. O autor demonstrou que durante os períodos de poluição elevada por material particulado e SO_2 , os valores de "Peak Flow" de crianças da área industrial (casos) foram significativamente mais baixos que os das crianças da área rural (controles). Quando porém os níveis de poluição eram similares, isto é, devido à sazonalidade por mudanças meteorológicas nas condições de dispersão, as provas funcionais ventilatórias dos dois grupos não diferiram.

Em outro estudo realizado em 6 escolas de Tóquio (Japão) com 1013 crianças na mesma faixa etária (10/11 anos), o "Peak Flow" apresentou flutuações irregulares quando medido mês a mês em áreas poluídas²⁹¹. Os valores do "Peak Flow" não foram ajustados para estatura, e desta forma a comparação entre escolas não pôde ser realizada. A maior evidência constatada nesse estudo foi no âmbito da morbidade, pela maior prevalência de tosse e expectoração nas crianças residentes nas áreas mais poluídas.

Um estudo em Osaka (Japão), com 289 crianças com idade variando entre 10 e 11 anos de duas escolas daquela cidade, também mostrou alterações do "Peak Flow" em relação aos altos níveis de material particulado e dióxido de enxofre, porém sem alterações significativas em relação à capacidade vital forçada²⁹¹.

Por outro lado, uma pesquisa realizada em Roterdã (Holanda) verificou que após a implantação da legislação de controle de emissão de fumaça, os níveis de material particulado em suspensão apresentaram uma redução. Entretanto os valores obtidos para o "Peak Flow" dos escolares estudados não apresentaram variação significativa com a redução dos níveis de poluição, sugerindo que outros fatores, meteorológicos e outros poluentes, estivessem atuando de forma combinada sobre a população estudada²³.

Utilizando também provas de função pulmonar, pesquisa efetuada na região de Ferrara (Itália) estudou a variação da frequência de distúrbios respiratórios agudos em crianças de 7 a 12 anos de idade, de quatro escolas situadas

em áreas com diferentes níveis de poluição do ar, durante o período de 1964 a 1968²²⁶.

Os principais poluentes da região levados em consideração foram a fumaça e o dióxido de enxofre. Os valores mais elevados de fumaça e SO_2 foram, respectivamente, $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Não foram encontradas relações significativas entre as variações dos níveis de poluição e a frequência de distúrbios respiratórios agudos durante o período de observação. Porém, entre a área mais poluída, e também mais pobre, e as outras duas também com níveis de poluição elevados foram verificadas diferenças significativas. Os autores atribuíram o incremento nos registros de doenças respiratórias verificado entre a população da região de nível sócio-econômico mais baixo aos picos de poluição que ocorreram no inverno naquela área. Entretanto, nas outras duas áreas, que apresentaram também picos de poluição elevados no inverno, porém em menor magnitude que na região anterior, não foram verificados efeitos sobre a população.

Os resultados de correlação positiva verificados na primeira área provavelmente foram devidos a vieses estatísticos de autocorrelação que podem ocorrer em dados seriados no tempo, e que levaram a correlações espúrias entre variáveis decorrentes do fator tempo. Os autores assumiram a independência temporal, mas não apresentaram nenhuma evidência de que isso estaria correto.

Foi realizada uma comparação entre a frequência de alterações pulmonares e os achados radiográficos de 2.259 crianças de 7 a 12 anos de idade, que residiam em área altamente poluída de Irkutsk (URSS), com 750 crianças de mesmas características, porém vivendo em Bol'shaya (URSS), área considerada não-poluída¹⁹⁴. Como a metodologia das medidas dos níveis de poluição do ar por material particulado não foi discriminada, foi impossível a avaliação dos resultados obtidos. Há deficiências de informação entre os grupos, mas o pesquisador verificou maior frequência de alterações radiológicas pulmonares importantes entre as crianças residentes na área mais poluída (Irkutsk).

Dentre os estudos que se caracterizaram como marcos importantes na compreensão dos efeitos da exposição à poluição atmosférica em populações infantis, destacaram-se dois de caráter prospectivo realizados na Grã-Bretanha.

Um deles, foi realizado no período de 1963 a 1965 em quatro áreas do Condado de Sheffield - Greenhill, Longley, Park e Attercliffe, relacionando os

níveis de fumaça e SO_2 à morbidade infantil¹⁸⁸. A pesquisa envolvendo 819 escolares de 5 anos de idade mostrou que em relação aos agravos tanto do trato respiratório superior como do inferior, houve maior incidência em crianças das áreas mais poluídas, mesmo após os ajustes realizados segundo classe social, número de crianças por domicílio e número de pessoas por dormitório comum. Os efeitos mais intensos sobre a saúde foram observados quando os níveis anuais de fumaça atingiram $301\mu\text{g}/\text{m}^3$, e mais leves quando os níveis estiveram entre 230-262 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, quando comparados com as áreas de menor nível de poluição, onde estiveram num patamar de $97\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em todas as áreas, no entanto, os níveis de poluição por fumaça estiveram acima dos critérios de qualidade do ar fixados pela política regional de controle.

Os resultados encontrados sugeriram que as infecções das vias aéreas superiores foram mais prevalentes em crianças de locais em que as médias diárias dos níveis de fumaça, em combinação com o dióxido de enxofre, estiveram entre 230 e 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, do que em crianças vivendo em áreas em que os níveis ambientais de fumaça ficaram em $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ apesar da associação com o dióxido de enxofre¹⁸⁹.

Em reexame posterior desse mesmo grupo de crianças, no período de 1967 a 1969, quando com a idade de 9 anos, do grupo original de 819 crianças, 558 (ou 68%) foram revistas nessa segunda ocasião¹⁹⁰. Os autores afastaram a possibilidade de "vieses" entre o primeiro e segundo exames desse grupo amostral. As crianças em 1964 eram originárias de quatro áreas com diferentes níveis de poluição por fumaça e SO_2 . Em 1968, após a instituição de programa de controle dos níveis de fumaça, as concentrações desse poluente foram reduzidas à metade em todas as áreas estudadas, apesar de só ter sido verificada uma mínima variação nos níveis de SO_2 .

No período de 1963 a 1965 a prevalência de resfriados, frequência e persistência de tosse, em base ano, foi significativamente maior nas áreas mais poluídas. Os mesmos sintomas também foram associados às crianças na idade de 11 anos das áreas poluídas, apesar de se verificar uma prevalência atual menor que em crianças mais jovens, como já esperavam os autores.

Como as únicas mudanças verificadas nessas áreas entre os períodos de 1963 a 1965, e no de 1967 a 1969 foram com relação aos níveis de poluição, os

autores atribuíram o desaparecimento dos sintomas respiratórios verificados, à redução da poluição.

Os testes de função ventilatória, realizados nesses dois estudos, com medidas do CVF e VEF_{1,0}, mostraram decrementos significativos nos valores em crianças de 5 anos das áreas mais poluídas. No segundo estudo, (reexame) entretanto, não foram verificadas alterações nas provas funcionais ventilatórias entre os grupos das áreas mais poluídas com relação ao da área com menor poluição.

Esses dois estudos indicaram efeitos adversos da poluição atmosférica sobre a saúde sob duas formas: exacerbação de sintomas respiratórios a níveis de 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumaça, e alterações na função pulmonar, com decremento nos parâmetros ventilatórios CVF e VEF_{1,0} com os níveis de fumaça em 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ainda na linha da investigação objetivando a verificação dos efeitos da poluição sobre o sistema respiratório⁷⁸, foram amostradas 4.592 crianças nascidas na primeira semana de março do ano de 1946 e ainda residentes na Grã-Bretanha em 1961. Para essas crianças foi estimado um "índice de exposição" com base nos dados disponíveis em relação ao consumo de carvão em 2.689 pontos do país no mesmo período. A partir dos resultados obtidos estabeleceu-se uma classificação em 4 níveis, sendo o Grupo A com baixos níveis de poluição, e aumentando gradativamente até o Grupo D com níveis de poluição elevados e área densamente povoada. O índice de exposição foi validado apesar da variação de concentração de fumaça e SO₂ verificada entre 1952 e 1963. Foram assinalados níveis muito mais altos desses poluentes antes da introdução do "Clean Air Act" em 1956, com progressivo declínio a partir dessa data.

Não foram encontradas associações entre infecções do trato respiratório superior e níveis de poluição do ar nas áreas em que as crianças viveram nos últimos 11 anos de vida. Porém, as infecções e alterações do trato respiratório médio aumentaram significativamente em relação aos níveis de poluição observados, independentemente do fator sexo, situação sócio-econômica ou situação ocupacional dos pais dessas crianças. Os efeitos observados persistiram até a idade de 15 anos.^{78,79}

Esse mesmo grupo de crianças foi reestudado na idade de 20 anos. Foram reavaliados 3.899 indivíduos e os dados foram analisados utilizando-se um

modelo de adição simples, onde os sinergismos foram admitidos como inexistentes. Os resultados dessa análise mostraram que à idade de 20 anos os sintomas respiratórios, nesse grupo de indivíduos, registrados de acordo com questionário padronizado do Conselho Britânico de Pesquisa Médica, foram associados de forma altamente significativa com doenças do trato respiratório médio manifestadas precocemente na infância¹³⁷. Não foram verificadas, entretanto, associações com o nível sócio-econômico, ou com os níveis mais recentes de poluição do ar.

Um seguimento mais recente foi realizado quando esse grupo atingiu a idade de 25 anos¹³⁸. O mesmo questionário anteriormente respondido por esse grupo foi reaplicado a 3.245 indivíduos localizados. Após a exclusão dos dados perdidos, ou seja, indivíduos que não foram avaliados com a idade de 20 anos e aqueles que não estivessem vivendo na mesma área quando da primeira investigação, foram analisados 2.088 questionários indivíduos remanescentes. O estudo não mostrou diferenças significativas quando comparado com os resultados obtidos aos 20 anos. Esse estudo indicou que a persistência dos efeitos da poluição atmosférica no trato respiratório de crianças não foram detectados posteriormente à idade de 20 anos. No entanto, os autores citam a necessidade de se verificar possíveis alterações decorrentes da exposição à poluição atmosférica através de técnicas de mensuração mais sensíveis, tais como provas de função pulmonar, que são capazes de detectar alterações ainda na forma pré-clínica.

Considerando-se essa recomendação, realizou-se um estudo em Harrow (Sub-Distrito de Londres, Inglaterra), com a divisão da área total em sub-áreas levando em conta os níveis de poluição¹³¹. O setor denominado Área 1 apresentava em 1962 os menores índices de poluição. A predominância dos altos valores de fumaça e SO₂ ocorriam na Área 2. Mas nos anos de 1964 e 65 os níveis de fumaça tornaram-se semelhantes nas duas áreas, porém, com níveis de SO₂ registrados foram mais baixos na Área 2. O grupo estudado totalizou 2.365 famílias, e apesar da transição verificada nos níveis de poluição entre as Áreas 1 e 2, os autores concluíram que os valores inicialmente altos de poluição do ar foram fatores determinantes da prevalência de sintomas respiratórios entre crianças ao longo do tempo da investigação.

Seguindo essa linha de pesquisa, esse mesmo autor, investigou 94% dos escolares, com idades de 5, 11 e 14 anos, que viviam em duas áreas do Condado de Kent (Inglaterra). As crianças foram examinadas rotineiramente nas escolas

através de exames que incluíram medidas de "Peak-flow" e um questionário de sinais/sintomas respiratórios. As médias de fumaça verificadas para as áreas, urbana e rural, foram respectivamente de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A classificação dos valores de "Peak-flow", ajustados para idade, estatura, peso e nível sócio-econômico dos examinados não foi a mesma que a verificada em relação aos níveis de fumaça entre as duas áreas. Entretanto, o "Peak Flow" registrado na área menos poluída foi significativamente maior que o registrado na área mais poluída, apesar dos registros de sinais/sintomas não apresentarem essa mesma distribuição.

Foram também investigadas aproximadamente 10.000 crianças de 6 a 10 anos, através de questionário de sintomas/sinais de doença respiratória prévia, além da realização de provas de função pulmonar⁶⁰. Visou esse estudo distinguir os casos de bronquite entre crianças residentes nas cidades de Newcastle e Bolton, altamente poluídas, e Bristol e Reading, com poluição moderada, em relação à classe social e à origem urbana.

O "Peak Flow", após ter sido ajustado para idade, estatura, peso e classe social não diferiu nas áreas em que as crianças não apresentavam doença respiratória. As alterações do "Peak Flow", porém, foram altamente significantes entre crianças que já sofriam de doença respiratória. Os melhores valores de "Peak Flow" ajustado foram observados entre crianças das zonas rurais dessas cidades, mais livres de poluição.

Para verificar diferenças entre áreas com níveis de poluição distintos, estudou-se cuidadosamente as faltas à escola e foram realizados exames do "Peak Flow" de crianças vivendo em Berlin (New Hampshire, EUA) durante o período de jan/1966 a jun/1967⁹⁴. Os maiores níveis de emissão de poeira ocorreram de mar/1966 a dez/1967 com 62,2 toneladas/30 dias. Não foram verificadas maiores frequências de absentismo por doença respiratória (medida em pessoas/mês) e os níveis de poluição do ar. Os resultados do "Peak Flow", no entanto, mostraram-se muito mais sensíveis. As crianças de escolas situadas em áreas mais poluídas, apresentaram uma tendência para menores desempenhos do "Peak Flow", CVF e VEF_{1,0} que as crianças das escolas situadas nas áreas com poluição de grau moderado.

Uma outra forma tentada para estabelecer os efeitos da exposição por material particulado sobre a saúde foi o estudo do efeito de um episódio sub-agudo

de poluição do ar em provas de função pulmonar de escolares de Pittsburgh (EUA). Um grupo de pesquisadores da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), submeteu 270 crianças a prova de função pulmonar com medida do CVF e VEF_{0,75}, em 6 escolas paroquiais de Pittsburgh²⁶⁸. Duas das escolas localizavam-se em área chamada "controle", e as outras 4 escolas em áreas expostas a níveis de poluição bastante altos, com médias diárias de material particulado acima de $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e de SO₂ em torno de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As provas de função pulmonar foram sempre realizadas após o pico mais alto de poluição verificado. As provas funcionais ventilatórias apresentaram declínio em todas as escolas estudadas no período. No entanto, não foi possível detectar uma resposta aguda aos altos níveis de poluição a que essas crianças estiveram expostas.

Estudo realizado em Roterdã (Holanda) escolheu 935 crianças de escolas elementares, e 2 áreas totalmente distintas²³. Uma delas um subúrbio novo e densamente povoado, apresentava níveis médios de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumaça e $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂ no período do inverno, e a outra área mais antiga localizada em região mais central da cidade, convivia com níveis de poluição aproximadamente 50% mais altos que primeira área considerada.

As crianças foram avaliadas através de questionários de sinais/sintomas e tiveram medido o seu "Peak Flow". Após os ajustes necessários por sexo e estatura, não foram encontradas diferenças no "Peak Flow" entre meninos e meninas ou entre as duas áreas estudadas.

A história de bronquite foi mais comum nas crianças da área mais poluída. Os autores atribuíram essa diferença às más condições de vida verificadas nessa área que era também a mais pobre. Se a poluição teve um efeito agravante, este parece ter sido secundário ao fator sócio-econômico. Os autores também citaram que a mínima prevalência de bronquite (1%) na área menos poluída indicou que os níveis de fumaça e SO₂ verificados "aparentemente coexistem sem um maior efeito deletério às condições de saúde respiratória dos escolares".

A conclusões semelhantes também chegou a pesquisa que avaliou o CVF e o VEF_{1,0} em crianças de 10 a 11 anos de idade, de duas áreas nitidamente diferentes em termos de poluição do ar na Alemanha¹¹⁶. Bitterfeld, mostrou altos níveis de poluição e em Berlin os níveis de poluição foram relativamente baixos. As crianças foram pareadas por idade, sexo, tamanho da família, número de pessoas

por dormitório e classe social. Todas as crianças examinadas residiram nas respectivas áreas durante últimos cinco anos de vida.

Em Bitterfeld os níveis de poluição por material particulado foram medidos através do índice de poeira sedimentável e de SO_2 , com médias anuais de $151\mu\text{g}/\text{m}^2/30\text{dias}$, e $360\mu\text{g}/\text{m}^2/30\text{dias}$. Em Berlin não houve condições de mensuração tanto para o material particulado, como para o SO_2 . Apesar das duas áreas serem claramente diferentes (apesar de subjetivamente em Berlin) em relação aos respectivos níveis de poluição, não foram verificadas diferenças substanciais nas provas de função pulmonar entre as crianças dos dois grupos estudados.

Em Bordeaux (França), ao serem publicados os resultados de um estudo prospectivo de 3 anos em amostra de cerca de 1700 escolares na faixa etária de 6 a 11 anos foram apresentadas respostas diferentes das mencionadas por os outros autores²⁷⁸. Foi observada uma associação entre a elevação de curta-duração dos níveis de poluição e o absentismo por doença respiratória nas semanas imediatamente subsequentes aos picos de poluição. No entanto, foi recomendada uma avaliação futura da importância das condições meteorológicas, que variaram concomitantemente durante o período estudado, sobre as alterações verificadas.

Na tentativa de explicar a existência de alterações pulmonares decorrentes da exposição à poluição atmosférica, o estudo realizado em Most, (Tchecoslovaquia) avaliou através de provas funcionais ventilatórias, principalmente volumes pulmonares, 111 crianças de 10 a 11 anos de idade daquela cidade industrial³⁰¹. As medidas de material particulado indicaram que os níveis estiveram 3,5 vezes mais altos do que a concentração máxima permitida pela legislação local vigente ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nas medidas de volumes pulmonares, quando comparados percentualmente aos valores preditos para as crianças sadias, as 111 crianças mantiveram-se dentro dos limites da normalidade. Entretanto, nas medidas de fluxo a baixos volumes ($V_{\text{máx}} 50$, e $V_{\text{máx}} 25$), 24 crianças apresentaram valores abaixo da normalidade. Os autores resolveram testar esse grupo através de métodos mais detalhados na detecção de alterações pulmonares, isto é, fluxos a baixos volumes, o que concorreu para a confirmação das alterações precocemente verificadas.

4.2. Estudos sobre poluição oxidante

Mais recentemente tem sido realizados estudos epidemiológicos sobre os efeitos da exposição combinada de diversos tipos de poluentes sobre a saúde humana, não mais apenas os efeitos da exposição ao dióxido de enxofre e partículas em suspensão.^{7,8,21,35,70,77,84,112,128,169,179,200,230,263}

Na maioria desses novos estudos, os pesquisadores tem privilegiado a investigação da exposição aos oxidantes fotoquímicos. Como ocorre em todos estudos em populações urbanas, expostas portanto em termos macroambientais (exposição dita "natural"), os efeitos da exposição sobre a saúde não podem ser atribuídos a apenas um tipo de poluente, mas sim deve ser considerada a **mistura** de poluentes encontrada no ambiente natural.

Relembrando o já descrito em outro capítulo, uma atmosfera poluída é formada pelo "smog" fotoquímico, que se compõe tipicamente de ozona, dióxido de nitrogênio, peroxiacilnitratos, outros nitratos, sulfatos, aerossóis em partículas e agentes redutores. Em combinação, esses contaminantes podem ter um efeito independente, aditivo ou sinérgico sobre a saúde humana.

Em geral, parece que o ozona é o poluente com maior ação biológica imediata, e os estudos realizados assinalaram as maiores correlações de efeitos deletérios sobre a saúde à exposição ao ozona, do que em relação a qualquer outro poluente simples identificado.^{209,214,237,248,251,261,263}

Vários estudos vem sendo realizados desde a década de 70, principalmente em centro urbanos onde esse tipo de poluição é predominante.^{143,147,150,168,172,186,200,247,258,299}

A literatura japonesa refere inúmeros trabalhos^{139,140,291}. Um trabalho realizado em Kisarazu (1970) demonstrou um aumento na incidência de tosse seca, constrição torácica e conjuntivite em escolares após um episódio agudo de poluição atmosférica por oxidantes fotoquímicos. Um outro episódio de poluição fotoquímica, desta vez ocorrido em Yokohama (1972), concorreu para a hospitalização de 30 estudantes da escola técnica local¹⁴³.

O estudo realizado em Tóquio (1974) referiu um aumento na sintomatologia específica (tosse seca, lacrimejamento, dificuldades respiratórias) quando os níveis de oxidantes fotoquímicos atingiram 0,17-0,23 ppm.²⁷⁹

A realização de outro estudo em Tóquio (1976) objetivou investigar as relações entre o número de novos pacientes admitidos nos hospitais devido a sintomas respiratórios agudos e condições meteorológicas e níveis de poluição. A análise estatística realizada não apresentou correlações significantes entre esses fatores.

Entretanto, os estudos que consideraram o uso de provas funcionais ventilatórias para avaliar os efeitos da exposição à poluição por oxidantes fotoquímicos tiveram conclusões melhores²⁷⁹.

Um estudo da relação entre os níveis de oxidantes e função pulmonar (Tóquio, 1976) mostrou que níveis de ozona acima de 0,14ppm (média de 1 hora) afetaram de forma significativa as medidas de resistência de vias aéreas e também as de condutância, apesar dos indivíduos não referirem sintomas.

Outra região bastante afetada pela poluição por oxidantes fotoquímicos é Los Angeles (EUA). Desse país vêm o maior número de trabalhos desenvolvidos com o objetivo de avaliar os efeitos desse tipo de poluição^{86,114,160,161,162,281,282,289,275}.

Grupos de Trabalho da Organização Mundial de Saúde^{293,295} realizaram um extenso trabalho de revisão dos estudos já concluídos sobre esse assunto. Referem o estudo de Hausknecht (1960), que estimou que 75% da população de Los Angeles apresentou queixas de doenças respiratórias, em comparação com São Francisco (24%) e outras cidades do Estado da Califórnia (22%).

Outra referência, desta vez ao estudo de Hammer (1974) que levantou os sintomas diários de irritação ocular e demais sintomas respiratórios em um grupo de estudantes de enfermagem de Los Angeles. Nos dias em que as concentrações de ozona estiveram acima de 0,40ppm todos apresentaram mal estar, cefaléia e opressão torácica.

Um trabalho realizado nessa mesma cidade, com crianças pré-escolares submetidas ao Indicador de Fluxo Máximo de Wright (Peak-Flow Meter) não encontrou diferenças significativas com as variações diárias das concentrações de oxidantes.

Outros extensos trabalhos de revisão, realizados por Lippmann^{183,186}, traz novas referências ao comportamento desse tipo de poluente em relação à saúde humana. Refere o autor que pesquisas envolvendo medidas de função pulmonar com maior número de parâmetros ventilatórios mostraram-se mais apropriadas à avaliação dos efeitos de oxidantes fotoquímicos sobre a saúde^{84,125,141,150,151,225,226,259,263,297,301}.

Um estudo realizado em crianças expostas a poluição ambiental durante acampamento de verão (em Fairview Lake, New Jersey) mostrou decrementos importantes nos parâmetros ventilatórios à exposição ambiental ao ozona²⁶³.

Resultados similares foram verificados em estudo realizado no Estado do Tennessee, onde os decrementos na função pulmonar foram associados aos picos de 1 hora de valores de ozona, muito antes de se manifestarem os sintomas, assim como também verificado nos estudos realizados no Canadá^{147,228}.

Outro estudo abrangendo as cidades de Steubenville (Ohio), St. Louis (Missouri) e Portage (Wisconsin) concluiu que a piora da função pulmonar associa-se fortemente aos níveis elevados de ozona e picos de concentração de aerossóis ácidos (combinação de poluentes). A persistência dos decrementos teve uma latência de 72 horas após a exposição, e ocorreram mesmo em indivíduos assintomáticos²⁸¹.

Os trabalhos cujas conclusões puderam associar altos níveis de poluição a efeitos sobre a saúde, de forma "quantitativa", são aqueles onde foi utilizada a prova de função pulmonar, ou a espirometria envolvendo variáveis espirométricas de volume e de fluxo como indicador biológico, apesar da existência de alguns fatores de confusão (tais como, nível sócio-econômico e tempo de residência) inerentes ao estudo epidemiológico com populações expostas^{8,53,59,60,70,75,114,154,178,263}.

V. O PROBLEMA DA POLUIÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO

No Brasil, as áreas metropolitanas, principalmente do Eixo Rio-São Paulo se constituem nos pontos críticos em relação à poluição do ar. Isso agudiza o problema, uma vez que ali se concentra uma grande parcela da população brasileira, em torno de 20%. Essa concentração nessas áreas urbanas é crescente e adquire aspectos assustadores, devido à intensa migração interna que se processa incessantemente como consequência do desequilíbrio econômico existente no país entre as diferentes áreas e regiões.

Na Grande São Paulo, em particular na Capital e municípios intensamente industrializados, como ABCDM e Cubatão (na Baixada Santista), a poluição do ar atingiu níveis alarmantes, equivalentes às cidades mais industrializadas da Europa, Estados Unidos e Ásia^{45,215}.

Os estudos epidemiológicos brasileiros em relação aos efeitos da exposição ambiental à poluição atmosférica sobre a saúde de populações infantis nesse contexto urbano, tiveram praticamente como marco inicial os trabalhos de RIBEIRO²³⁸.

Em 1971, RIBEIRO²³⁸ estudando crianças que procuravam a Fundação de Assistência à Infância (FAISA) existente no Município de Santo André área intensamente industrializada do ABC paulista, onde são muito elevados os índices de poluição do ar, ultrapassando frequentemente os níveis permitidos pela legislação ambiental vigente, pôde demonstrar que nos períodos em que se acentuava a poluição, aumentava concomitantemente o número de crianças que apresentavam doenças pulmonares agudas e que procuravam a referida instituição assistencial.

Os resultados de tal trabalho pioneiro, foram confirmados em 1973 por WANDALSEN²⁸⁸ nesse mesmo Município utilizando metodologia semelhante ao estudo de RIBEIRO²³⁸.

Ainda na década de 70, MENDES e WAKAMATSU²⁰³ em pesquisa realizada no Município de São Caetano do Sul, onde em 1976, durante o inverno ocorreram vários episódios de inversão da temperatura, estudaram a admissão de pessoas portadoras de doença respiratória nos hospitais daquele Município. Nessa época do ano e nessa área, a poluição do ar foi intensa, principalmente durante o mês de Julho, e foi verificado que o número de admissões hospitalares por

problemas respiratórios aumentava cada vez que ocorria uma inversão de temperatura e, conseqüentemente, aumentava a poluição do ar.

Na região de Cubatão foi realizada⁴⁶ uma pesquisa no sentido de determinar os efeitos da poluição química sobre a saúde da população através de um levantamento epidemiológico de doenças respiratórias ocorridas no período de Julho/83 a Julho/84, com metodologia semelhante aos estudos realizados em Santo André e São Caetano. Foram coletados dados de morbidade respiratória através dos boletins de atendimento hospitalar da Secretaria de Saúde do Município e posteriormente correlacionados com os níveis de poluentes registrados pela própria CETESB no mesmo período de investigação. Os autores do trabalho concluíram que não houve aparentemente qualquer relação entre os aumentos nas concentrações dos 2 poluentes de interesse, isto é, os níveis de SO_2 e MP, e as elevações no número de atendimentos médicos aos agravos respiratórios considerados.

Um estudo epidemiológico foi realizado na Grande São Paulo, objetivando verificar como a poluição atmosférica veio, ao longo do tempo, ocasionando o aparecimento ou agravamento de doenças do aparelho respiratório (SOBRAL,1986). Após um mapeamento dos níveis de poluição por MP e SO_2 utilizando os dados de 39 estações telemétricas monitoradas pela CETESB, foram selecionadas 3 áreas para estudos comparativos: Juquitiba, Osasco e Tatuapé. Essas áreas apresentavam respectivamente baixos, médios e altos níveis de poluição. Com a definição das áreas, foram aplicados questionários de sintomas e morbidade referida a crianças de 12-13 anos de 7 escolas da rede estadual de ensino localizadas no entorno das áreas selecionadas. A conclusão do estudo refere que existe um gradiente de sintomas de morbidade que acompanha aproximadamente o gradiente de poluição.

Estudo pioneiro no Brasil, usando como recurso a prova funcional ventilatória, também foi realizado por RIBEIRO e colaboradores²³⁹. Buscaram comparar as provas funcionais de 1.000 crianças vivendo em área muito poluída - São Caetano do Sul, SP, onde os níveis médios de SO_2 eram de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, com outras moradoras em área não-poluída - Embu-Guaçu, SP, onde os níveis médios de SO_2 situaram-se em torno de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verificaram que as crianças de São Caetano do Sul, apesar de possuírem melhor nível nutricional e com maior desenvolvimento físico, mostraram alterações da função ventilatória que não se

verificaram nas crianças de Embu, além de apresentarem maior número de problemas relacionados à morbidade por doenças respiratórias.

Partindo dessas evidências e objetivando estabelecer um diagnóstico da situação em Cubatão (SP), que vinha se tornando mundialmente famosa pelos elevadíssimos níveis de poluição atmosférica (inclusive com a alcunha de "Vale da Morte"), realizou-se em 1983 o estudo da função ventilatória em crianças pré-escolares vivendo em diferentes áreas (com diferentes níveis de poluição) daquele Município^{97,134}. Foram amostradas 606 crianças o que correspondia a 50% do total de pré-escolares de 6 anos de idade matriculadas nas Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI's), perfazendo 11 Unidades abrangendo todos os bairros e áreas centrais de Cubatão. Dessas, 470 apresentaram provas funcionais ventilatórias aceitáveis e foram analisadas. Todas as crianças submetidas a provas funcionais eram clinicamente normais, isto é, não apresentavam qualquer sintoma ou sinal de patologia respiratória. Os resultados evidenciaram que 53% das provas funcionais apresentaram alterações em pelo menos um dos seis parâmetros considerados, quando comparadas com o padrão de normalidade esperado para idade, sexo e estatura (recomendado por POLGAR)²³³. Certas escolas mostraram maior proporção de redução nos parâmetros ventilatórios que outras, e mais estreitamente associada aos níveis de óxidos de nitrogênio, ozona e hidrocarbonetos não-metânicos, do que com os tradicionalmente estudados material particulado e dióxido de enxofre, todos monitorados pela CETESB na região.

Em vista de tais resultados observados no período do verão, tal estudo foi repetido no ano de 1985 com nova amostra, de 630 crianças, desta vez no período do inverno, a época do ano em que ocorriam os maiores picos de poluição na região.

Nesse ano, os resultados das 610 provas funcionais consideradas válidas mostraram menor proporção de redução (46%) em relação aos parâmetros ventilatórios estudados, do que a observada no ano de 1983 (53%). Os níveis gerais de poluição atmosférica, especialmente Material Particulado e Dióxido de Enxofre por sua vez, baixaram nesse período, com a implantação do Programa de Controle da Poluição Atmosférica, proposto pela CETESB, a partir de 1984, com prioridade de curto prazo centralizada na redução dos níveis de material particulado (MP) e dióxido de enxofre(SO₂).

A melhora verificada, entretanto, não atingiu todas as crianças. Algumas áreas de Cubatão, notadamente a região das Cotas 200 e 95 e o entorno das indústrias petroquímicas, não mostraram nenhuma melhoria proporcional entre os dois anos considerados, e nas áreas mais atingidas pelos poluentes com prioridade de controle, a melhora não correspondeu à expectativa face aos objetivos nominais do programa de controle implantado.

As diferenças significativas verificadas entre as escolas de diferentes áreas nos dois períodos considerados sugeriram que o controle dos níveis de poluição em Cubatão parece não ter se efetivado em todas as áreas do Município¹³⁴.

Além disso originou-se a indagação da possibilidade dos poluentes atmosféricos, em condições de concentração inferior àquela capaz de criar efeitos graves sobre a população exposta, teriam ação morbigênica cumulativa através dos anos nessas crianças estudadas.

Diante dessas dúvidas estruturou-se o presente estudo. O objetivo foi o de investigar o comportamento das provas funcionais ventilatórias das crianças previamente examinadas em 1983 e 1985 após decorridos alguns anos de exposição ambiental, reexaminando-as em 1987, 1988 e 1989.

Pretendeu-se também verificar a validade do programa de controle de poluição do ar implantado na região a partir de 1984^{39,40,41,63}, e com base nos resultados, prover, se pertinente, o embasamento necessário para que os órgãos de controle avaliem quantitativa e qualitativamente o risco, elemento essencial no estabelecimento de políticas de proteção ambiental e por extensão, da saúde das populações.

VI. OBJETIVOS

6.1. Objetivos Gerais

1) Estudar a evolução da função ventilatória, através da espirometria forçada, de crianças que vivem no Município de Cubatão, para verificar se está sendo alterada pelos níveis de poluição do ar ali registrados.

2) Avaliar metodologia para o estudo das repercussões da exposição à poluição atmosférica sobre a saúde, com especial ênfase sobre o sistema respiratório.

6.2. Objetivos Específicos

1) Analisar as estimativas de emissões atmosféricas das indústrias de Cubatão ao longo do período de seguimento da população infantil estudada (1984-1989).

2) Verificar o comportamento das concentrações ambientais de material particulado total, dióxido de enxôfre e ozona monitorados pela CETESB durante o período de estudo (1983-1989).

3) Analisar a evolução de provas funcionais ventilatórias de duas Coortes (Coorte/1983 e Coorte/1985) de crianças escolares vivendo em diferentes áreas do Município de Cubatão, no período de 1983/1985 ao longo dos anos de 1987, 1988 e 1989.

4) Avaliar quantitativamente o comportamento das variáveis espirométricas ao longo do período estudado face às possíveis repercussões dos níveis de poluição do ar então registrados.

5) Verificar se o Programa de Controle de Poluição do Ar instituído em Cubatão a partir de 1984, foi acompanhado da respectiva melhoria da função pulmonar das crianças estudadas.

VII. MATERIAL E MÉTODOS

7.1. Caracterização da Área de Estudo

Coordenadas Geográficas

O Município de Cubatão está localizado na área fisiográfica da planície litorânea de Santos^{45,48} (denominada Baixada Santista), no eixo da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, entre as latitudes Sul 28°47'20" e 29°56'25" e as longitudes Leste, entre 46°18'00" e 46°29'30", formando uma área cuja extensão é de 148km².

Limita-se com os municípios de São Vicente - a sudoeste (SW) e oeste (W); de Santos, ao sul (S) e sudeste (SE) e leste(E), com domínio de manguezais do Estuário de Santos e parte das encostas da Serra do Mar, a nordeste (NE), norte (N), noroeste (NO) e oeste (W), como se depreende da Fig. 7.1.

O centro de Cubatão dista cerca de 60km do centro de São Paulo e 22km da cidade de Santos. Ambas as cidades no entanto, estão estreitamente ligadas por força de suas atividades industriais.

Industrialização

As razões iniciais que influíram para tornar a planície pantanosa de Cubatão em sede de um grande complexo industrial foram a presença de um porto de mar conveniente para a exportação de produtos e importação de matérias primas e a presença de energia elétrica abundante a barata.

A implantação do centro industrial de Cubatão obedeceu a razões econômicas do final da década de 1940, relacionando-se ao desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo. Contribuíram para a escolha desse sítio, impróprio do ponto de vista fisiográfico, a infraestrutura já existente e representada pelas vias de comunicação entre o Planalto Paulista e a Baixada Santista, e principalmente a ligação com o Porto de Santos^{1,45}.

O estabelecimento de indústrias de maior porte na região de Cubatão teve início na primeira década deste século, com a construção quase simultânea de um curtume, uma indústria de adubos e anilinas e uma fábrica de papel e papelão.

O processo de industrialização teve seu principal marco inicial na implantação e entrada em operação da Refinaria de Petróleo "Presidente Bernardes", pertencente à PETROBRÁS (1955). A seguir, instalaram-se na região a Alba Química (1956), Companhia Brasileira de Estireno (1957), Union Carbide (1958) e Copebrás (em 1959).

Em 1962 a Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) veio iniciar a industrialização da área posteriormente chamada de Vila Parisi. A escolha daquele ponto para a implantação de uma siderúrgica deveu-se mais uma vez, à proximidade do Porto de Santos e à possibilidade de construção de ancoradouros no interior do estuário, nas proximidades dos fornos, para o desembarque de carvão e minérios com auxílio da Ferrovia Santos-Jundiaí, como também para embarque de produtos, além da presença estratégica da usina hidrelétrica "Henry Borden" e da Refinaria de Petróleo "Presidente Bernardes".

Muitas das demais indústrias que se instalaram, de grande e médio porte, principalmente as de fertilizantes a partir da década de 1970, utilizam seus produtos e subprodutos diretamente, como no caso das indústrias químicas que produzem fertilizantes empregando gases residuais da Refinaria, ou escórias da siderúrgica, transformando aquela área numa enorme rede de reciclagem.

Essa "rede de reciclagem", salutar e ideal do ponto de vista econômico, acabou se revelando altamente nociva do ponto de vista do impacto ambiental.

Como resultado dessa "evolução" hoje a região conta com a existência de 23 indústrias, algumas com várias unidades de produção, presentes no município (17 químicas; 5 de petróleo e derivados; 7 de fertilizantes; 3 de minerais não-metálicos; 1 metalúrgica; 1 de papel e papelão e 1 de borracha) que lançavam na atmosfera, em números de 1980, cerca de 30 mil toneladas de poluentes químicos ao mês, assim distribuídos: gases inorgânicos (50,8%), material particulado (37%), gases e vapores orgânicos (11,8%), ácidos, abrangendo névoas e gases (0,4%)^{39,42}.

Esse conjunto de indústrias forma o chamado "Polo Industrial de Cubatão", considerado em termos de produção quantitativa como um dos maiores da América Latina. Essas indústrias se localizam aglomeradas numa estreita faixa de terreno sólido de planície entre os manguezais e a escarpa da serra do Mar,

- A Serra do Mar, com altitudes de até 900 metros e declividades sempre superiores a 30 graus. Dispõe-se ao norte (N), nordeste (NE) e noroeste (NW) do território, sendo cortada no sentido sudoeste (SW) e nordeste (NE) por dois vales principais - o do rio Cubatão (NW) e o do rio Mogi, afluente do outro, desenvolvidos em direções diametralmente opostas em vales fechados até a confluência de ambos ao sul (S) da área urbana. A partir dali, se abrem para a planície estuarina de Santos e São Vicente.

- As Planícies - são constituídas de depósitos sedimentares, dispostos no piemonte da serra e no fundo dos vales principais, à jusante da Cota 20, bem como mangues aterrados artificialmente.

- Os Manguezais - planícies em processo de formação, que se estendem ocupando toda a porção sudoeste (SW), sul (S) e sudeste (SE) do Município.

Existe em meio à planície um morro de 237 metros de altitude máxima que divide a região separando as duas aglomerações urbanas: Centro e Vila Parisi. Tal formação poderá modificar todo o microclima na área, por influência principalmente na circulação dos ventos^{1,5}.

Da área do Município, 58% são constituídos de serras e morros, 24% de manguezais e 18% de planícies aluviais, de piemonte e mangues aterrados. Considerando-se que a planície constitui uma faixa de 11km de comprimento e largura variável de 2 a 4 quilômetros, confinada entre a serra e os manguezais, sob a forma de aterros de mangues ou parcelas de terrenos mais elevados no interior dos próprios mangues, depreender-se-á facilmente os problemas gerados pelo intenso crescimento urbano e industrial no município, realizado de forma tão caótica num espaço tão estreito^{1,15,46}.

Condições Climáticas

Os elementos climáticos assinalados foram definidos considerando-se sua importância frente aos objetivos deste estudo, bem como à disponibilidade e compreensão das informações sobre os mesmos.

Quanto à situação sinótica, a área considerada sofre os efeitos da atuação de três massas de ar: subtropical, polar e equatorial continental.

A massa de ar equatorial possui atuação máxima durante os meses de verão (dez/jan/fev), enquanto a subtropical e a polar predominam durante todo o resto do ano. Os períodos de transição entre verão e inverno, e vice-versa, são extremamente curtos, podendo-se dizer que praticamente inexistem estações de primavera e outono na região.

No inverno há predominância da ação do sistema anti-ciclônico semi-fixo subtropical atlântico, alternado com o sistema polar - este último com menor frequência. A permanência do anticiclone sobre o continente causa estabilidade de origem termodinâmica, condição altamente desfavorável para a dispersão atmosférica de efluentes industriais gasosos. No verão, o sistema dominante é o tropical, de baixa pressão e úmido, que provoca condições de instabilidade termodinâmica, favorável portanto à dispersão atmosférica^{5,46}.

Cubatão também registra um dos maiores índices pluviométricos do país, com precipitações da ordem de 2.500 milímetros anuais, e cerca de 170 dias por ano^{5,15}. Esse quadro, considerado como "benéfico" para a "limpeza" do ar, com a remoção de poluentes, principalmente de particulados em suspensão, por outro lado pode transferir o problema, poluindo solo e água, como também no caso de certos gases agir como fator sinérgico de efeitos sobre a saúde humana, ou mesmo formando as chamadas "chuvas ácidas"^{49,54,69,87,92,117,214}. Isso tudo sem falar na chuva como agente deflagrador de escorregamentos nas encostas da Serra do Mar, ameaçando núcleos habitacionais ali localizados, agravados pelos efeitos do desmatamento provocado pelos assentamentos habitacionais, e também pela degradação da cobertura vegetal em razão da própria poluição local com características fitotóxicas^{92,163,229}.

Sistema de Ventos

A própria topografia anteriormente descrita condiciona parcialmente as características climáticas, que juntamente com fenômenos meteorológicos de macro, meso e micro-escala condicionam o comportamento do vento.

Em presença de um sistema anticiclônico (macroescala) o vento se comporta da seguinte forma⁵: No período diurno a posição do sistema provoca brisa marítima (mesoescala) o que significa a penetração de massa de ar marítimo em

direção à terra, apresentando portanto predominância do setor sul (S) como mostra a Fig. 7.3. Esta predominância também pode ser devida à penetração de frentes frias que passam na região⁴⁵.

Em termos gerais a situação não parece muito favorável, uma vez que as plumas das bacias aéreas deslocam-se de encontro ao paredão da Serra do Mar, subindo suas encostas¹⁶³. Em condições de estabilidade atmosférica (ou seja, calmarias) desfavorável à dispersão de poluentes, pode-se prever que a área transforma-se em verdadeira câmara fechada, onde os poluentes não têm para onde se dispersar²⁴⁵.

FIGURA 7.3

Esquema do sistema de ventos no período diurno atuando na região de Cubatão
(Reproduzido de CETESB⁴⁶).

O comportamento dos "ventos de drenagem" é muito localizado e depende do horário, do ângulo de incidência solar e do ângulo de declividade. O escoamento do vento de drenagem começa depois do pôr-do-sol ou mais cedo, e é favorecido pelos declives voltados para Norte-Noroeste, que estão fracamente aquecidos durante o dia^{15,48,49}. Fortes ventos de drenagem vindos do vale do rio Mogi e dos declives voltados para Nordeste do fundo do vale do rio Quilombo fundem-se para levar as emissões industriais na direção da Vila Parisi, e por continuação se estendem remotamente até o Jardim Casqueiro e Jardim Nova República. A drenagem do ar estável alcança seu máximo próximo ao nascer do sol e persiste durante algumas horas. Observações realizadas ao amanhecer, no fundo do vale do Mogi, mostram que a massa de ar estável, com a maior parte das emissões das indústrias de fertilizantes desloca-se da base da montanha até Cubatão-Centro e Vila Nova^{5,46}.

O aquecimento solar dos declives resulta no desenvolvimento de ventos anabáticos e de brisas marítimas, facilmente visualizados pela trajetória das plumas das chaminés (Fig. 7.4).

Estes ventos são geralmente associados com o aumento da concentração de poeira na Vila Parisi. Durante o inverno, pela manhã, há formação de camadas de inversão térmica de superfície de diversas espessuras e de diferentes intensidades²⁴⁵.

No período da noite e de madrugada, devido ao resfriamento da terra, o deslocamento da massa de ar vem do topo da serra para o mar, assinalando nos anemógrafos da CETESB uma predominância do setor norte (N), carreando por sobre a parte residencial de Cubatão os poluentes emitidos e acumulados durante o dia na encosta da Serra do Mar.

A situação dos ventos descrita ocorre na região da seguinte forma: na maior parte do inverno há presença de anticiclones polares ou marítimos interrompidos pela penetração de frentes frias. Já no período do verão, a predominância na região é de massas equatoriais e frentes quentes que deverão provocar ventos norte (N) e noroeste (NW) devido à sua topografia. Essas massas penetram pelas regiões oeste (W) e sudoeste (SW) às vezes conservando as direções noroeste (NW) e norte (N)^{5,15,45}.

FIGURA 7.4

Direção das plumas das chaminés do complexo da Refinaria Presidente Bernardes, Cubatão-Centro (Abr/88).

Perfil Térmico

As inversões térmicas ou de temperatura ocorrem frequentemente na baixa atmosfera e constituem um fator importante na dispersão de poluentes atmosféricos, pois podem funcionar como uma barreira à dispersão dos mesmos.

Existem vários tipos de inversões (frontal, advectiva, radiação e subsidência), sendo que a de maior importância para estudos ambientais é a de subsidência - ocasionada por movimentos atmosféricos que podem submeter uma camada de ar a um "afundamento" generalizado, com contração vertical associada com uma divergência horizontal²⁴⁵. Está associada a sistemas de alta pressão e pode estender-se sobre áreas de dezenas e milhares de quilômetros quadrados.

Inversões térmicas são fenômenos comuns na troposfera em altas e médias latitudes geográficas e ocorrem o ano todo. Entretanto, no inverno ocorrem em altitudes mais baixas e são mais frequentes.

FIGURA 7.5

Esquema demonstrativo das correntes de ventos no período noturno sobre a área de Cubatão (Reproduzido de CETESB⁴⁶).

Através de pesquisa utilizando Radar Acústico instalado em Cubatão-Centro, observou-se que a maior ocorrência de inversões térmicas ocorre entre 0 e 6 horas da manhã. No período de maio a agosto (inverno) também foram verificadas, entretanto, inversões no horário das 10 às 18 horas^{5,245}.

Pôde-se verificar a ocorrência de uma alta frequência de inversões de subsidência, ligada à circulação de grande escala, inversões de brisa marítima e de montanha. Essas inversões associadas à topografia peculiar da área, ocorreram muito próximas à superfície (até 100 metros de altitude), sendo muito frequentes no período da noite e madrugada e com grande número de horas consecutivas de persistência.

cercada por elevações (Serra do Mar) pelos lados Norte, Leste e Oeste, e mais aberta para o Sul (Fig. 7.7)^{39,41}.

O Setor B congrega a área da Vila Parisi, aí predominam as indústrias de fertilizantes, de cimento, algumas químicas e uma siderúrgica de grande porte^{39,41}. Totaliza aproximadamente 13 estabelecimentos industriais e encontra-se quase completamente envolta pela Serra do Mar (Fig. 7.7).

FIGURA 7.7

Distribuição espacial das principais indústrias do Complexo de Cubatão. O Setor A representa a área central, e o Setor B, a Vila Parisi.

O Quadro 7.1 sumariza as atividades das principais indústrias do Complexo de Cubatão até 1989, localizadas no Setor A, e o Quadro 7.2 as atividades das indústrias localizadas no Setor B.

QUADRO 7.1

Distribuição das principais indústrias do Polo de Cubatão, segundo tipo de produção no Setor A - Cubatão- Centro.

INDÚSTRIA	PRODUÇÃO	LOCAL
ALBA QUÍMICA S/A	Metanol, Formol, Resinas, Uréia	A
CARBOCLORO S/A	Cloro, Soda Cáustica, Ácido Clorídrico	A
CIA. BRAS. ESTIRENO	Estireno, Tolueno	A
CIA. SANT. DE PAPÉIS	Papel, Papelão e Celulose	A
CONCREBRÁS	Peças de Concreto	A
ENGECLOR S/A	Cloreto de Amônio	A
MINERAÇÃO DIPLOMATA	Extração e Britagem de Pedras	A
PEDREIRA MANTIQUEIRA	Extração e Britagem de Pedras	A
PETROCOQUE S/A	Coque calcinado de petróleo	A
PETROBRÁS(RPBC)	Combustíveis e Lubrificantes	A
RHODIA S/A	Tetracloroeto de Carbono Percloroetileno	A
ULTRAFERTIL (Fafer)	Ácido Nítrico, Amônia, Nitratos, Barrilha	A
UNION CARBIDE Inc.	Etileno, Polietileno, Resinas, Inseticidas	A

(Fonte: Resumido do "Guia da Indústria Química Brasileira", ABIQUIM, São Paulo, Edição 1987/1988, 755pgs)

Emissão**a) Fontes Fixas**

Considerando o tipo de atividade industrial do conglomerado estabelecido em Cubatão, a distribuição percentual da emissão de poluentes²¹⁵ se dá conforme discriminado na Tab. 7.1.

Do ponto de vista de emissão, as indústrias que cercam o centro urbano de Cubatão formam uma sub-bacia caracterizada por uma grande emissão de poluentes gasosos, especialmente o dióxido de enxôfre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e hidrocarbonetos (HC). Nesta area estão localizadas indústrias químicas e petroquímicas.

QUADRO 7.2

Distribuição das principais indústrias do Polo de Cubatão, segundo tipo de produção no Setor B - Vila Parisi.

INDÚSTRIA	PRODUÇÃO	LOCAL
ADUBOS TREVO S/A	Fertilizantes granulados, NPK	B
CIM. STA. RITA S/A	Cimento de alto forno	B
CIA. SID. PAULISTA S/A	Fund. de Aço, Chapas, Bobinas	B
CONCRETEX.	Mistura de Concreto	B
COPEBRÁS S/A	Negro de Fumo, Superfosfatos, Ác. Fosfórico, Ác. Sulfúrico	B
ENGEASA MECÂNICA	Usinagem e Calderaria	B
GESPA S/A	Sulfato de cálcio peletizado	B
IND. ADUBOS PAULISTA	Superfosfatos granulados, NPK	B
LIQUID CARBONIC S/A	Gás carbônico liquefeito	B
LIQUID QUÍMICA S/A	Ácido Benzoico	B
MANAH S/A	Benzoato de Sódio	B
SOLORRICO S/A	Superfosfatos, NPK	B
TITANOR S/A	Ácido Fluorossilícico	B
ULTRAFERTIL S/A	Superfosfatos Granulados, NPK	B
(S.Marcos)	Reparo de Peças de Titânio	B
	Metais Não-ferrosos	B
	Amônia, Ácido Nítrico, Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorídrico, Fosfato de Amônio	B

(Fonte: Resumido do "Guia da Indústria Química Brasileira", ABIQUIM, São Paulo, Edição 1987/1988, 755pgs)

Por outro lado, ao redor do aglomerado urbano de Vila Parisi, concentra-se o complexo de indústrias de fertilizantes e uma siderúrgica.

Isso vem caracterizar uma sub-bacia onde são lançados na atmosfera grandes quantidades de material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO₂).

Pode-se verificar que a estrutura de fontes da bacia aérea total é bastante heterogênea, tanto pela natureza dos processos tecnológicos envolvidos, como na sua própria distribuição espacial. Não se tem disponíveis, entretanto, informações detalhadas sobre toda a variedade dos poluentes lançados na atmosfera da bacia e a natureza do parque industrial, o que coloca em prejuízo a avaliação da

grande variedade qualitativa e quantitativa de outros poluentes que adentram diariamente na atmosfera das duas sub-bacias e suas circunvizinhanças.

TABELA 7.1

Estimativa de emissão de poluentes atmosféricos do Complexo Industrial de Cubatão, por ramo de atividade da indústria²¹⁵.

RAMO DE ATIVIDADE	NUM.	GASES	MP	ORGÂN.	ÁCIDOS
Fertilizantes	7	50,8%	81,3%	31,3%	93,9%
Petróleo/Derivados	5	17,6%	1,4%	52,3%	-
Outros (Químicas)	5	0,8%	0,2%	0,8%	4,0%
Metalúrgica	1	29,3%	16,6%	15,6%	2,1%
Papel e Papelão	1	0,6%	-	-	-
Minerais Não-Metálicos	3	0,9%	0,5%	-	-
Borracha	1	-	-	-	-

As áreas urbanizadas da Sede Municipal de Cubatão, como a área central, Vila Nova, Vila Natal e Vila São José e da área compreendida pelo Jardim Casqueiro e Jardim Nova República não contam, internamente, com nenhuma fonte de emissão industrial significativa. Em levantamento realizado pela CETESB³⁹ verificou-se que os estabelecimentos fabris passíveis de causar incômodo à população e/ou danos ao meio-ambiente são constituídos por 24 panificadoras, 3 marcenarias, 3 carpintarias, 5 serralherias, e 1 estaleiro. Essas empresas eram de pequeno porte, não tendo a CETESB constatado qualquer irregularidade em seu funcionamento.

Já o núcleo residencial do Jardim Casqueiro (compreendendo também os núcleos de Ilha Caraguatá e Vila dos Pescadores, e mais recentemente do Jardim Nova República), situa-se no extremo sul (S) da sede do Município, quase inteiramente circundado pelos braços de mar da zona estuarina e afastado da zona industrial de Cubatão, possui em primeira instância uma razoável condição de

proteção, se bem que entre esse núcleo e o complexo industrial de Vila Parisi existe apenas mangue, com uma distância máxima em linha reta de aproximadamente 3km. É importante ressaltar ainda no entanto, que as indústrias de fertilizantes - Fertibase e Fertiplan, instaladas no município vizinho São Vicente (na Esplanada dos Barreiros), poderão eventualmente afetar a área do Jardim Casqueiro no período diurno, uma vez que este está situado a sotavento dessas fábricas.

b) Fontes Móveis

Além das fontes fixas (ou estacionárias) de poluição, não se pode olvidar a parte referente às fontes móveis, constituídas pelos veículos automotores. Devido a sua peculiaridade de município de ligação entre o Planalto Paulista e o Porto de Santos, além dos demais municípios de veraneio da Baixada Santista, Cubatão é cortado por 3 rodovias.

A via Anchieta (SP-150) e a rodovia dos Imigrantes (SP-160) situam-se encravadas na Serra do Mar, e a rodovia Padre Manoel da Nóbrega (SP-55), nos seus trechos Piaçaguera/Guarujá e Praia Grande, localizam-se na planície de litorânea. Todas elas são grandes corredores viários para veículos pesados de carga, e de passageiros fazendo a ligação Planalto/Baixada (Fig. 7.8).

A sede do Município de Cubatão está quase inteiramente compreendida em meio ao triângulo formado pelas rodovias Anchieta, Padre Manoel da Nóbrega e prolongamento do Caminho do Mar (SP-148), e os trilhos da FEPASA, com exceção feita aos bairros Cota (95, 200 e 400), a Vila Natal e o Jardim Nova República (Bolsão Oito).

Nessa área o tráfego pesado das rodovias é o principal responsável pela emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado.

Quanto às fontes móveis de poluição do ar, observou-se em relação ao trânsito urbano de Cubatão que as emissões responsáveis por uma possível situação de poluição são uma pequena parcela, restringindo-se praticamente às artérias representativas das avenidas "9 de Abril" e "Joaquim Miguel Couto", as

principais vias de acesso ou a ligação da cidade à rodovia Padre Manoel da Nóbrega (SP-55).

FIGURA 7.8

Representação esquemática das rodovias de acesso e principais avenidas de Cubatão.

A maior contribuição das fontes móveis para com os níveis de poluição deve ocorrer nas áreas mais periféricas do Município, nas circunvizinhanças dos principais caminhos que ligam o Planalto Paulista à Baixada Santista, pelas razões anteriormente mencionadas.

Na tentativa de estimar a parcela de contribuição dos fatores de emissão dos veículos automotores, a Tab. 7.2, a Tab. 7.3 e a Tab. 7.4 mostram as estimativas de distribuição do tráfego comercial e de passeio, e de valores de

emissão diária dos poluentes monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP), expresso em quilogramas/dia nas principais rodovias que circundam Cubatão^{45,49,212}.

TABELA 7.2

Estimativas do número médio de veículos, por dia e por tipo de veículo, nas principais rodovias de acesso a Cubatão, no ano de 1.981.

RODOVIAS	COMERCIAIS(**)	PASSEIO(**)
Anchieta	1.520	6.763
Piaçaguera/Guarujá	1.243	4.350
Padre Manoel da Nóbrega	828	1.920
Imigrantes	551	3.381
Média diária (mapas 1982)	4.142	16.414

Fonte: DERSA - Quadro comparativo de atração de volume diário de tráfego (ano/base de 1981).

TABELA 7.3

Estimativa de distribuição do tráfego, comercial e de passeio, em cada rodovia do Eixo Planalto Paulista, e Baixada Santista.

RODOVIA	COMERCIAL	PASSEIO
Anchieta	27%	41%
Piaçaguera/Guarujá	30%	26%
Pe. Manoel Nóbrega	20%	12%
Imigrantes	23%	21%
Total	100%	100%

Fonte: DERSA - Quadro comparativo de atração de volume diário de tráfego (ano/base de 1981).

Foram estimadas também as extensões em quilômetros (km) das rodovias que exercem influência na área urbana de Cubatão (centro), quanto à emissão de poluentes por tráfego de veículos, e sob as condições dos ventos predominantes na região (Sul-Sudoeste) no Município.

TABELA 7.4

Estimativa dos fatores de Emissão de Veículos, segundo tipo de combustível utilizado:

POLUENTE	EMIÇÃO (gm/km)	
	PASSEIO (Gasol.)	COMERCIAL (Diesel)
CO	54,00	17,80
HC	4,63	2,90
NO	2,13	13,00
MP	0,21	0,81

(**) Como até 1982 não existiam informações para veículos a álcool, todos os veículos de passeio foram classificados como utilizadores de gasolina como combustível, e os veículos comerciais foram classificados como utilizadores de óleo diesel (Fonte: CETESB⁴⁶).

Em relação às cargas poluidoras emitidas pelo complexo industrial, verifica-se pela Tab. 7.5, que para as fontes móveis a contribuição percentual é muito pequena, podendo porém afetar certas áreas do Município de forma significativa se somada à anterior.

Tal configuração e uso sugere nas áreas de desenvolvimento dessas rodovias um predomínio de poluentes produzidos pela queima de combustíveis (à base de petróleo e álcool), e a situação poderá ser crítica na sub-bacia aérea 1 (Cubatão-Centro) e nas regiões da encosta da Serra do Mar (bairros Cota), com a adição da poluição produzida pelas fontes estacionárias (indústrias) e pelas fontes móveis (veículos automotores)^{4,14,16,36,141,229}.

7.2. Os Receptores ou a População Exposta

Dentre os diversos receptores que integram a problemática da poluição do ar em Cubatão, destaca-se por razões óbvias, em primeiro lugar, a população da região.

TABELA 7.5

Emissões diárias de poluentes provenientes do tráfego rodoviário para as condições de vento predominantemente Sul-Sudoeste:

POLUENTES	EMISSÕES (kg/dia)	
	Vento-Sul	Vento-Sudoeste
CO	3.361,24	2.776,21
HC	306,53	254,69
NO _x	296,89	258,50
MP ^x	22,96	19,77

Fonte: CETESB - Controle de Fontes Móveis do Estado de São Paulo. 10º Congr. Bras. de Eng. Sanitária e Ambiental, 1983 (apontamentos).

Com base apenas nas observações físicas e geográficas das áreas e nos poucos dados existentes³³, do ponto de vista de poluição pode-se distinguir a priori 9 áreas com características potencialmente diferentes entre si: (1) Jardim Casqueiro (englobando a Vila dos Pescadores); (2) Vila Nova e Vila São José; (3) Vila Natal (englobando o Conj. 31 de Março); (4) Jardim Nova República ou Bolsão Oito, agrupado à Ilha Caraguatá; (5) Vila Parisi; (6) Cubatão-Centro (incluindo Vila Elizabeth); (7) Jardim das Indústrias, e os bairros Cota - aqui subdivididos em (8) Cota 95 e Vila da Light, e (9) Cota 200 e Cota 400.

Essa relação está baseada na suposta diferença quanto aos níveis de poluição química, seus respectivos ambientes e localização geográfica. A população distribui-se na sua maioria na área urbana, localizada ao centro-sul da Sub-Bacia aérea 1, correspondente aos bairros Vila Nova, Centro, Jardim Casqueiro, Vila Natal, Ilha Caraguatá e Vila dos Pescadores, e a partir de 1988 também o Jardim Nova República.

Aproximadamente 15.000 habitantes (1985) localizavam-se na área da Sub-Bacia aérea 2 - Vila Parisi - até meados de 1988, quando foram removidos e assentados na área do Bolsão Oito, hoje denominado "Jardim Nova República", e o núcleo residencial de Vila Parisi foi erradicado.

A estrutura populacional de Cubatão evidencia importantes características³³:

- (a) Predominância de população jovem, havendo alta porcentagem de crianças menores de 5 anos;
- (b) Elevada concentração de adultos jovens, com reflexos de abaulamento na pirâmide populacional;
- (c) Pequeno número de indivíduos idosos.

Tais características são determinadas pelas correntes migratórias, principalmente de municípios próximos e estados do Nordeste brasileiro (notadamente Pernambuco, Bahia e Rio Grande do Norte e Paraíba), que surgiram em função das necessidades de mão-de-obra para o parque industrial em desenvolvimento. Dentre a população local, aquela fração representada por indivíduos com melhor remuneração muito frequentemente busca outras localidades para sua moradia, destacando-se o Jardim Casqueiro, outros municípios do Litoral (Santos, São Vicente e Guarujá) e o ABCDM (especialmente o Município de São Bernardo do Campo).

Parte expressiva da população de Cubatão possui, segundo estudo realizado pela CETESB^{33,46}, baixo padrão socio-econômico levando-a a ocupar moradias precárias, concentrando-se principalmente nos bairros Cota 95 e Cota 200, Vila Natal, Vila dos Pescadores e Bolsão Oito. Esses bairros, ocupando áreas relativamente restritas, localizados em bordas escarpadas da Serra do Mar, ou áreas de mangue aterrado, possuem uma grande concentração populacional e elevado número de crianças por núcleo familiar.

Em termos dos receptores, deve-se ter em mente que a população trabalhadora, talvez a maior parte dos adultos jovens do Município, passa 1/3 do seu tempo em atividades junto às grandes fontes poluidoras distribuídas nas duas Sub-Bacias aéreas consideradas. Uma vez que um grande contingente desses trabalhadores reside nos núcleos urbanos do Município, nos restantes 2/3 do dia, estarão expostos às influências do macro-ambiente da sua área de residência.^{13,22,25,126,240}

Em termos de exposição a situação pode ser mais crítica se considerarmos a população infantil. Em vista das normas para ingresso na rede escolar (Pré-Escola e Primeiro Grau), a criança deve residir num raio de até 300 metros da Escola. Isso, além da predominância de atividades de lazer ao ar livre no peridomicílio, torna a situação de exposição ainda delicada, uma vez que a criança

passa todo o seu tempo (3/3) numa mesma área, sujeita pois às características de poluição concernentes àquela área.

7.3. Estações Amostradoras de Poluentes

A CETESB, órgão estadual de controle, no que tange à poluição atmosférica, possuía até 1984 duas estações automatizadas de avaliação da qualidade do ar em funcionamento em Cubatão. Uma delas estava instalada no centro da cidade (A_1) e a outra na Vila Parisi (A_2). A partir de 1984 entrou em operação uma terceira estação, instalada no bairro de Vila Nova (A_3), conforme se visualiza pela Fig. 7.9.

Essas estações fornecem a cada hora as concentrações atmosféricas de - Material Particulado, Dióxido de Enxôfre, Oxidantes Fotoquímicos (expressos como Ozona), Óxidos de Nitrogênio e Hidrocarbonetos (sendo de interesse os Não-Metânicos).^{50,51,52}

7.4. População de Estudo

Constituíram-se na população deste estudo as crianças que frequentavam a Rede Municipal de Educação Infantil de Cubatão (Fig. 7.10) nos anos de 1983 e 1985, pertencentes ao Nível III, isto é, aquelas que tivessem seis anos de idade (ou prestes a completar sete anos) na época de realização da pesquisa.

7.5. Abordagem da Amostra

Em contato junto à Secretaria de Educação e Cultura do Município, foram listadas todas as Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI's) em funcionamento nos períodos de estudo (1983 e 1985) e que possuíam classes de Nível III (6 anos de idade).

Posteriormente, cada EMEI nessas condições forneceu uma cópia da lista de chamada de cada uma de suas classes Nível III com indicação do período de

funcionamento, data de nascimento de seus alunos e o respectivo endereço residencial.

FIGURA 7.9

Localização geográfica das estações amostradoras Centro (1), Vila Nova (2) e Vila Parisi (3), da Rede Telemétrica da CETESB, em Cubatão.

crianças por EMEI no seu total e abrangendo, sempre que possível, 50% de crianças de cada sexo.

Em vista dos resultados preliminares obtidos com o Grupo de 1983, as EMEIs de Vila Elizabeth, Cota 200 e Vila Parisi tiveram o total de crianças matriculadas no Nível III, examinadas em 1985.

No intervalo entre 1983 e 1985, novas EMEIs foram inauguradas em vários bairros, sendo integradas à amostragem. No intuito de manter a consistência da amostra, aquelas escolas que possuíam número de crianças no Nível III (6 anos), inferior a trinta, tiveram o total delas examinado.

Segunda Fase - Coortes de 1983 e 1985

Para os reexames espirométricos nos anos de 1987, 1988 e 1989 não foi realizada nova amostragem. Com base na lista das crianças previamente examinadas, buscou-se encontrá-las nas Escolas de Primeiro Grau das Redes Municipal e Estadual de Ensino, através das listas de chamada.

Para aquelas que não foram localizadas em nenhuma das 22 escolas existentes, tentou-se o contato domiciliar, com base no endereço residencial registrado nos livros de matrícula das EMEIs. Na maioria dos casos em que a família da criança não se encontrava mais no domicílio referido, procurou-se estabelecer um paradeiro através da informação de vizinhos e conhecidos.

Foram consideradas perdas para efeito de estudo de coorte todas as crianças ausentes, por morte ou mudança para fora do Município de Cubatão. As que retornaram posteriormente a Cubatão não foram reintegradas aos respectivos grupos amostrais.

O sorteio de cada criança examinada em 1983 e 1985 obedeceu à listagem de cada sala de aula, do total de classes de Nível III de cada EMEI. Utilizou-se para tal sorteio a "Tabela de Números Aleatórios".

Considerando-se a possibilidade de alguma criança estar impedida de se submeter ao exame espirométrico - fôsse por falta à escola no dia do exame ou

por apresentar qualquer patologia que a incapacitasse ao exame, foram sorteados 20% de alunos suplentes, de cada sexo, em cada classe.

Todas as que estavam aptas realizaram o exame espirométrico dentro do protocolo de pesquisa que se segue.

7.8. Protocolo de Pesquisa - Perfil de Trabalho

Exame Clínico

O exame clínico foi realizado por médico pediatra cedido pela Secretaria de Saúde e Serviço Social da Prefeitura Municipal de Cubatão. Esse profissional já era integrante da Divisão de Saúde do Pré-Escolar e apresentava adequada formação em pneumologia. Antes de ser iniciado o trabalho de campo, esse médico foi submetido a treinamento prévio para adequar sua atuação aos objetivos desse estudo epidemiológico. Devido às características do Programa de Atenção à Saúde do Escolar, que conta com médicos em todos os Postos de Assistência Médico-Odontológica (PAMOS) localizados em todos os bairros ou aglomerações urbanas de Cubatão e atendem todas as EMEIS em sistema de rodízio, esse profissional já acompanhava a clientela amostrada o que tornou a abordagem muito mais facilitada e completa.

O exame clínico consistiu basicamente num exame físico geral, com ausculta pulmonar e cardíaca detalhada, exame da orofaringe, palpação de gânglios submandibulares e cervicais, e tomada da temperatura corporal com termômetro clínico na região axilar pelo período de 3 minutos.

Durante o exame físico a criança foi inquirida sobre sinais/sintomas de doença respiratória passada ou recente.

Metodologia 1 (Primeiro Exame)

Como as primeiras fases desse estudo (1983 e 1985) previam o exame espirométrico em crianças clinicamente normais, todas aquelas que apresentaram alguma alteração ao exame clínico/físico foram consideradas inaptas à realização

da prova de função pulmonar. Os principais critérios de exclusão ao exame espirométrico foram¹⁰²:

- (a) Sinais e sintomas de doença respiratória aguda como - gripe, infecções das vias aéreas superiores e pneumonia;
- (b) Sinais e sintomas de doença respiratória crônica como - asma, bronquite e enfisema;
- (c) Deformidades da caixa torácica;
- (d) Cardiopatias importantes;
- (e) Outra patologia que incapacitasse a criança à prova de função pulmonar dentro dos limites de normalidade esperada.

Metodologia 2 (Reexame Espirométrico)

Como as fases subsequentes, isto é, o reexame de 1987, 1988 e 1989, objetivaram verificar a evolução do quadro pulmonar das crianças previamente examinadas em relação aos itens anteriormente descritos, as alterações observadas no reexame físico/clínico eram cuidadosamente assinaladas.

Após a realização do exame clínico, a criança considerada apta à prova de função pulmonar era então encaminhada à tomada de medidas antropométricas.

Antropometria

As equações de regressão para estabelecimento de padrões espiratórios requerem a medida precisa das variáveis de estatura e peso. Alguns autores recomendam ainda a medida da altura tronco-cefálica devido às diferenças raciais comprovadas^{24,210,217,235,277}. Como no caso deste grupo populacional amostrado e estudado praticamente 95% são mestiços (mulatos), com impossibilidade de avaliar a gradação de miscigenação entre brancos, negros e índios, e não sendo assinalados mais do que 2 crianças de origem asiática, as medidas antropométricas restringiram-se ao peso e à estatura, além da idade.

Peso

As crianças foram pesadas descalças e com o menor volume de roupas possível, usando em geral short e camiseta nas idades menores (6 anos). As crianças maiores, com hábito de uso de outras peças do vestuário foram igualmente pesadas com o menor volume de roupas possível. Para evitar no entanto a superestimação do peso, foi descontada da medida final o correspondente em gramas referente às peças do vestuário que a criança portava. Para tanto, procedeu-se previamente ao início do trabalho de campo à pesagem o mais precisa possível de cada peça de roupa mais comumente usada. Elaborou-se uma pequena tabela com esses valores encontrados, e no momento do registro do peso de cada criança o examinador realizava o desconto (em gramas) levando em consideração o total de peças portadas no momento da pesagem.

Idealmente as crianças deveriam ser pesadas nuas, porém face à quantidade de crianças agrupadas na mesma sala para exame, não optamos por tal procedimento para evitar constrangimentos.

Devido às pequenas diferenças constatadas nas duas primeiras fases desse estudo (1983/1985), ao se utilizar a balança da própria EMEI visitada, resolveu-se utilizar a partir de então, considerando-se as 3 fases posteriores, uma única balança para pesagem. Essa balança, da marca FILIZOLA (tara de 250kg) era transportada a cada escola visitada. Antes da realização de cada sessão de exames espirométricos, essa balança era calibrada com peso-padrão de 5 quilogramas (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) e feitos os ajustes necessários. A calibração era repetida antes do reinício dos exames do período da tarde de cada dia.

Para que o fulcro estivesse sempre correto, delimitou-se no piso da balança uma área de 25cm X 25cm, onde a criança deveria pisar, recomendando-se que o fizesse com os pés unidos, mantendo os braços estendidos ao longo do corpo.

Estatura

Após a pesagem, a criança era encaminhada para a medida da estatura. Essa foi medida nas duas primeiras fases do estudo com as réguas apropriadas existentes nas próprias balanças das EMEIs.

No entanto, ao se verificar certos desvios posturais com tendência a curvatura dorsal nas crianças, resolveu-se utilizar a parede da sala de exames como anteparo, afixando-se nela uma fita métrica com subdivisões em centímetros e milímetros. A criança estando descalça deveria colocar-se em pé, de costas para a parede no local de fixação da fita métrica. O examinador observava então o correto perfilamento antes de efetuar a leitura, com a utilização de esquadro a 90 graus. A leitura era expressa em centímetros com fração de 0,5cm.

Idade

Foi registrada com base na data de nascimento, previamente conhecida através das listagens solicitadas às EMEIS e confirmadas pelas crianças. Foi expressa em dias de vida e anotada no próprio cartão de registro da curva espirométrica.

Exame Espirométrico

Equipamento

Em todas as fases deste estudo foram utilizados espirômetros, de fole seco, da marca VITALOGRAPH (Fig. 7.11) a saber:

- 1983 - Uma unidade modelo "Standard" (Ref:20.200).
- 1985 - Uma unidade mod. "Standard" (Ref:20.200) e outra mod. "Standard" automatizada. (Ref:20.400).
- 1987 - Uma unidade modelo "Standard", automatizada (Ref:20.400).
- 1988 e 1989 - Duas unidades mod. "PFT-Printer", automatizadas e com registrador (Ref:20.700).

Todos eles foram inicialmente calibrados contra espirômetro marca COLLINS (de campânula e coluna d'água) e também com seringa de calibração de 3 litros de ar, tomando-se o cuidado de anotar a temperatura ambiente e a pressão barométrica no momento da calibração inicial. Como foram utilizados espirômetros de diferentes modelos, esses foram calibrados entre si para se verificar também diferenças entre os vários modelos. Essas diferenças no entanto, não foram significativas.

Nas duas primeiras fases do estudo (1983/1985) os espirômetros eram calibrados diariamente a cada volta do trabalho de campo utilizando-se seringa de 3 Litros de ar. Nas duas últimas fases, no entanto, optou-se por deixar o equipamento no próprio local de realização dos exames (na véspera), por se suspeitar que o transporte dos mesmos nas constantes viagens pudesse descalibrá-los.

FIGURA 7.11

Espirômetro de fole seco, marca VITALOGRAPH, mod. 20.400.

A verificação da calibração era efetuada antes do início de cada sessão de exames.

A escolha dos espirômetros recaiu sobre os de fole da marca VITALOGRAPH (Buckingham, England) por apresentarem os requisitos necessários exigidos:

- (1) Facilidade de transporte, instalação e manuseio.
- (2) Calibração muito fácil e com a vantagem de não de desregular com facilidade.

- (3) Precisão nas medidas a baixos volumes, além de sensível na apresentação dos fluxos da curva espirométrica, a saber:
- (a) Precisão Volumétrica com 2% de desvio;
 - (b) Resolução Volumétrica de 2,5ml;
 - (c) Linearidade Volumétrica de 0,1%;

Manobra Espirométrica

O pesquisador realizava previamente uma explanação dos objetivos do exame (em linguagem acessível às crianças) e em seguida efetuava uma demonstração da manobra exigida. Essa exibição era feita com cada um dos pequenos grupos examinados. Após a demonstração as crianças deveriam repetir a manobra, em conjunto e desconectadas do espirômetro, portando apenas os bocais individuais para treinamento. Após o período de treinamento, eram incentivadas a repetir a "brincadeira" conectadas ao espirômetro (Fig. 7.12). A ordem de realização da manobra espirométrica obedeceu a própria apresentação voluntária da criança. Cada criança recebeu então instruções no seguinte sentido^{68,102}:

- (1) - Inspirar o mais profundamente possível até que os pulmões estivessem totalmente cheios e guardar o peito cheio.
- (2) - Colocar o bocal descartável, que estava conectado através de uma mangueira ao espirômetro, na boca tomando cuidado de não obstruir sua entrada com a língua, não cerrar os dentes ou morder o bocal até obstruir o fluxo de ar, não permitir também "tocar corneta" (isto é, estreitar a saída do ar colocando o bocal fora da boca).
- (3) - "Soprar" o mais rápido e fortemente possível até que todo o ar saísse e não restasse mais nada. Foi recomendado que não deveria tornar a inspirar até que a manobra estivesse concluída.
- (4) - Teria suas narinas clampeadas para que todo o ar "entrasse no bocal". A maioria das crianças mais jovens não toleravam o uso do clampeador metálico ou plástico, então as narinas foram clampeadas manualmente, imediatamente após a criança introduzir o bocal e começar a expirar (Fig. 7.13).

FIGURA 7.12

Treinamento para a execução da manobra expirométrica em posição ortostática.

FIGURA 7.13

Registro fotográfico do instante de clampeamento manual das narinas do examinado.

FIGURA 7.14

Registro fotográfico do início da manobra expiratória. (Na foto - Leandro Xavier(6 anos), EMEI Cota 200, 1988)

FIGURA 7.15

Registro fotográfico do trecho médio da manobra expiratória forçada. (Na foto - Leandro Xavier(6 anos), EMEI Cota 200, 1988)

Esse procedimento mostrou-se muito positivo em relação às crianças pequenas, que com uma interação mais estreita com o pesquisador pareceram mostrar menor receio ao exame espirométrico, produzindo um melhor desempenho. Nas idades mais tardias, foi novamente introduzido o uso da pinça.

O investigador atentou para as possíveis manobras que pudessem invalidar o exame espirométrico.

Quando examinadas pela primeira vez as crianças necessitavam um grande número de repetições até que atingissem performances consideradas satisfatórias, dentro das normas fixadas. Para que não se verificasse fadiga que pudesse comprometer a qualidade da performance, foi estabelecido um breve descanso entre as tentativas.

As crianças mais jovens foram examinadas em grupos de até 10 indivíduos na sala, separando-se os grupos de meninos dos de meninas. Objetivou-se com isso estabelecer uma competição entre os integrantes de um mesmo grupo, e evitar a timidez e insegurança entre as meninas. Tal procedimento concorreu para o pleno êxito dos testes.

Para o reexame dessas crianças, com idades maiores, não foi mais necessário tal "artifício", e as provas funcionais fluíram com muito mais rapidez e facilidade. Acreditamos que a familiaridade com o teste e com o examinador foram fatores importantes para a abreviação no tempo despendido com cada examinado.

Os exames funcionais foram todos realizados com a criança em pé. Num pré-teste foi verificada uma grande dificuldade de sustentar a expiração, principalmente no trecho final quando a criança se encontrava sentada, razão pela qual se resolveu padronizar o exame com a criança em posição ortostática.

Curva Espirométrica

Cada criança realizava tantas manobras espirométricas quantas se fizessem necessárias até se verificarem pelo menos 3 curvas com variações mínimas de volume entre elas, isto é, no máximo de 10% entre as curvas^{86,93}. Para as crianças muito jovens (6 anos de idade) considerou-se como prova adequada também aquela decorrente de manobras expiratórias que tiveram a duração de pelo menos 4

segundos em platô (isto é, sem variação ascendente de volume), quando não foi possível sustentar-se em expiração forçada até o sexto segundo. Tal procedimento é referendado por outros estudos^{73,86,116,226}.

Para análise do exame espirométrico optou-se pela escolha da curva mais alta de todas as realizadas num mesmo cartão - isto é, a de melhor performance - para assinalar os parâmetros a serem avaliados⁹³.

Variáveis Determinadas

A prova de função ventilatória constou da determinação das seguintes variáveis (Fig. 7.16)²⁴⁴:

- Capacidade vital forçada (CVF);
- Volume expiratório forçado no primeiro segundo ($VEF_{1,0}$);
- Relação percentual entre o CVF e o $VEF_{1,0}$ ($VEF_{1,0}\%$);
- "Peak Flow", assinalado tangencialmente ao ponto mais externo da curva espirométrica no ponto proximal 200ml e ao início (ponto zero) da curva (PFE);
- Fluxo médio expiratório forçado, correspondente aos dois quartis intermediários da capacidade vital forçada ($FME_{25-75\%}$);

Os dois últimos parâmetros foram assinalados da curva de Capacidade Vital Forçada (CVF) com régua própria do aparelho e para tal finalidade.

Os cálculos da relação percentual entre CVF e $VEF_{1,0}$ (ou seja o $VEF_{1,0}\%$), assim como a medida da ventilação voluntária máxima (ou VVM), extrapolada dos valores obtidos em $VEF_{1,0}$, foram posteriormente obtidos através de programa de cálculo apropriado²³⁵.

FIGURA 7.16

Modelo reduzido da folha de exame para registro da curva espirométrica com as variáveis de interesse assinaladas.

Todos os volumes foram expressos em mililitros (ml) e os fluxos em litros por segundo (l/seg).

7.9. Análise da Curva Espirométrica

Padrões Preditivos

As equações utilizadas na primeira fase desse estudo (ou seja, os estudos transversais de 1983 e 1985) para estabelecimento dos valores preditivos para cada variável espirométrica de interesse foram aquelas recomendadas por POLGAR²³³ e QUANJER²³⁵. Essa escolha deveu-se à inexistência de padrões de normalidade brasileiros. Os estudos realizados no Brasil^{238,239,288}, ou o foram em ambientes poluídos ou com grupos amostrais não suficientemente amplos para permitirem comparações válidas, e pelo fato daqueles autores acima referidos terem baseado suas equações na análise e cômputo de equações de diversos autores

abrangendo todas as idades e etnias, área rurais e urbanas e em grandes contingentes populacionais^{55,66,68,73,86,93,102,140}.

Os padrões de normalidade recomendados por POLGAR são:

CVF	meninos	$(\text{Estatura}^{2,6727}) * (4,4 * 10^{-6})$
	meninas	$(\text{Estatura}^{2,7194}) * (3,3 * 10^{-6})$
VEF _{1,0}	meninos &/ meninas	$(\text{Estatura}^{2,7986}) * (2,1 * 10^{-6})$
PF	meninos &/ meninas	$(-425,5714 + 5,2428 * \text{Estatura})/60$
FME _{25-75%}	meninos &/ meninas	$(-207,7 + 2,621 * \text{Estatura})/60$

Nota: Estatura expressa em centímetros (cm).

Em determinada fase de análise das provas espirométricas relativas aos reexames de 1987, 1988 e 1989 não foram utilizados os valores preditivos de POLGAR, por necessidade de se estabelecer a curva de crescimento de cada criança. Objetivou-se isolar os possíveis efeitos do crescimento somático nos resultados obtidos, para se estimar os efeitos da exposição à poluição sobre o resultado das provas funcionais.

Comparação com o Padrão Preditivo

Os valores dos parâmetros ventilatórios das provas funcionais realizadas nos anos de 1983 e 1985 pelas crianças foram corrigidas inicialmente para condições BTPS, e em seguida comparados com os respectivos valores preditivos (ou padrões) também em condições BTPS.

Foi realizado o cálculo do desvio percentual entre os valores obtidos e os respectivos padrões^{93,102}. O desvio percentual dos valores obtidos pelo examinado em relação aos respectivos valores preditivos de normalidade são os melhores indicadores a refletir o estado fisiológico do trato respiratório^{118,138,167,171,213,260}.

A perda da capacidade funcional dos pulmões torna-se um limitante para o indivíduo realizar trabalho e é considerado um fator predisponente à invalidez. Infelizmente até o momento ainda não existem critérios objetivos para se classificar o decréscimo da capacidade laborativa, em função das alterações dos achados das provas funcionais ventilatórias, ou decorrentes de doenças pulmonares como já é feito nos Estados Unidos, por exemplo. (U.S.D.H. - United States' Department Health, Education and Welfare - Social Security Disability Evaluation, Social Security Division, pp:16-17,1970)^{11,110,221,260}.

De acordo ainda com tais estudos procedeu-se, na primeira fase de exames, à classificação das variáveis espirométricas em:

Normal - igual ou acima de 75% do padrão.

Redução Leve - entre 65% e 74,9% do padrão.

Redução Moderada - entre 55% e 64,9% do padrão.

Redução Grave - abaixo de 55% do padrão preditivo.

No caso dos reexames de 1987, 1988 e 1989 tal classificação foi abandonada, tomando-se como base apenas a classificação em **normal** (igual ou superior a 75% do padrão) e **alterada** (abaixo de 75% do padrão) para análise comparativa dos resultados espirométricos de evolução de cada uma das duas coortes²⁶⁰.

Período do Dia

Os exames espirométricos foram realizados durante o transcorrer do dia, obedecendo-se ao horário de funcionamento das escolas, ou seja, no período das 7:30 às 12 horas e das 13:30 às 17:30 horas.

Muitos autores recomendam a realização de provas funcionais ventilatórias apenas no período vespertino, baseados na informação de existência de variações cronobiológicas dos parâmetros ventilatórios, dando como período de melhor performance o vespertino. Tais variações que podem ser circadianas e anuais, se traduziriam em importante fator de erro que necessitaria ser controlado num protocolo de pesquisa.

Em crianças na faixa etária de 6 a 8 anos de idade, tal comportamento dos parâmetros ventilatórios parece não se confirmar, talvez em função dos pequenos volumes pulmonares nessa faixa etária, onde as variações, se existentes, seriam quase imperceptíveis⁹⁸. Por essa razão os exames espirométricos do presente estudo foram realizados tanto no período da manhã quanto no da tarde, obedecendo ao horário de funcionamento das Escolas (entre 7:00hs e 20:30hs).

7.10. Avaliação da Importância das Emissões

As informações referentes à natureza das emissões de origem industrial, em termos qualitativos e quantitativos foram coligidas dos relatórios do **Inventário de Emissões em Fontes Estacionárias de Poluição do Ar na Região de Cubatão**, versões dos anos de 1984, 1987 e 1990, editados pela CETESB^{39,40,41}.

Essa empresa teve por objetivo o cadastramento das indústrias no Município e o cálculo da estimativa de emissão dessas principais fontes estacionárias^{39,40,41,63}.

A metodologia utilizada para o cálculo das estimativas de emissões seguiu as recomendações constantes na **Compilation of Air Pollutants Emissions Factors** (editado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, USEPA), agregando na medida do possível, dados obtidos de amostragens em chaminés efetuadas em cada indústria.

As emissões calculadas através da metodologia acima deram origem a duas categorias de valores:

(a) **Emissão Potencial** - refere-se à quantidade de poluente que poderia ser emitida, caso não existissem equipamentos de controle de poluentes;

(b) **Emissão Real ou Residual** - estimativa da quantidade efetivamente lançada na atmosfera, considerando-se a existência de equipamento de controle, e/ou melhorias no sistema, que redundam no abatimento das emissões.

Algumas das fontes estacionárias de Cubatão não apresentam as estimativas de emissão, devido à ausência de fator(es) de emissão por processo e/ou

queima de combustível e valores quantitativos de matéria prima ou produtos utilizados.

Para alguns casos, a CETESB utilizou a quantidade nominal em substituição ao volume atual de produção, baseando seus cálculos de emissão na capacidade de produção na data-base de 1984, época de conclusão do primeiro inventário de fontes.

A utilização dos relatórios das atualizações feitas nos anos de 1987 e 1989 teve por objetivo permitir o acompanhamento da evolução das emissões no tempo (abrangendo o período de seguimentos das duas coortes). Essa estratégia visou uma avaliação complementar do Plano de Controle de Poluição do Ar instituído pela CETESB na região.

7.11. Monitoramento da Qualidade do Ar

Parâmetros de Qualidade do Ar

A determinação sistemática da qualidade do ar efetuada pela CETESB, devido a problemas de ordem prática, foi limitada a um número restrito de poluentes.

De forma geral, a escolha recaiu, como em outras regiões no mundo, sobre um grupo de poluentes que são utilizados universalmente como indicadores da qualidade do ar, ou sejam, o dióxido de enxôfre (SO_2); poeira em suspensão (MP) e oxidantes fotoquímicos (expressos como ozona, O_3)^{43,44,49,50,51,52}.

A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente e ao homem.

Material Particulado (MP)

Como não é um composto químico definido, surgiu a necessidade de defini-lo como parâmetro. Assim, o parâmetro **poeira total em suspensão** foi

definido como um composto de partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 100 micron.

Outra classificação complementar adotada é o **material particulado inalável**, composto da fração de partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 micron.

Essa classificação do parâmetro desempenha um papel importante nos efeitos do mesmo sobre a saúde. As partículas grossas (> 10 micron de diâmetro) são retidas nas vias aéreas superiores, enquanto que as finas (< 10 micron de diâmetro) penetram mais profundamente no organismo, e no caso das partículas submicrômicas, atingindo até os alvéolos pulmonares^{31,74,254}.

Além disso, as partículas finas podem aumentar os efeitos fisiológicos dos gases irritantes também presentes no ar^{9,18,54,180,204}.

Oxidantes Fotoquímicos (Ozona)

Essa denominação é dada à mistura de poluentes secundários formados pela reação dos hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e aldeídos na presença de luz solar, como descrito em capítulo anterior.

O principal resultante dessa mistura é o gás ozona (O_3) e por isso ele tem sido utilizado como parâmetro indicador da presença daqueles precursores, com registro em microgramas por metro cúbico de ar, em média de 1 hora.

Dióxido de Enxofre

Gás oriundo da queima de combustível fóssil. O enxofre ocorre no carvão fóssil na proporção de 1-3% e em derivados de petróleo em proporções muito maiores.

A oxidação do dióxido de enxofre em forma de gás efluente é fortemente influenciada pela umidade relativa do ar²¹⁴.

Esse poluente pode interagir com outros organismos e substâncias de muitas formas. Sua precipitação na forma de chuvas ácidas causa profundos danos aos diversos ecossistemas^{54,69,87,92,117}.

7.12. Os Níveis de Qualidade do Ar

Para estimar as condições gerais do meio ambiente no Município, verificadas no período de 1983 a 1989, também foram utilizados os critérios de qualidade do ar regulamentados pela legislação federal vigente (Portaria MINTER n.231, de 27/ABR/1976).

Um padrão de qualidade do ar define, legalmente falando, um limite máximo para concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e bem estar da população que ali vive.

Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos epidemiológicos dos efeitos produzidos por um poluente específico e fixados níveis que possam garantir uma adequada margem de segurança. Podem ser ainda subdivididos em:

- **Padrões Primários** - As concentrações de poluentes atmosféricos que ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, entendidos como sendo os níveis máximos toleráveis.

- **Padrões secundários** - As concentrações de poluentes abaixo dos quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população e outros organismos, aqui entendidos como sendo os níveis máximos desejáveis de concentração de poluentes.

O Instituto Nacional do Meio Ambiente (IBAMA) estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar para uma série de poluentes (vide Tab. 7.6), regulamentados através da Portaria GM 0231 de 27.Abril.1976 e recentemente transformados na Resolução CONAMA nº3 de 28.Junho.1990.

São de interesse para esse estudo 3 poluentes dentre aqueles regulamentados pela Legislação brasileira, ou sejam, material particulado, dióxido de enxôfre e oxidantes fotoquímicos, cujas normas são descritas a seguir:

TABELA 7.6

Parâmetros Nacionais de Qualidade do Ar, segundo a Resolução CONAMA nº 3 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)	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA(2)	80	60	
Dióxido de Enxofre	24 horas(1)	365	100	Pararosanilina
	MAA(2)	80	40	
Monóxido de Carbono	1 hora(1)	40.00 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não dispersivo
	8 horas(1)	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozona	1 hora(1)	160	160	Químio-luminiscência
Fumaça	24 horas(1)	150	100	Reflectância
	MAA(3)	60	40	
Partículas Inaláveis	24 horas(1)	150	150	Separação Inercial/Filtração
	MAA(3)	50	50	
Dióxido de Nitrogênio	1 hora(1)	320	190	Químio-luminiscência
	MAA(3)	100	100	

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

A) Partículas em Suspensão (MP)

a.1. Padrão de Qualidade

- concentração média geométrica anual de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar;
- concentração máxima de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ que não deve ser excedida mais que uma vez ao ano.

a.2. Método de Referência

- método de amostrador de grandes volumes (Hi-Vol), ou método equivalente.

B) Dióxido de Enxôfre (SO₂)

b.1. Padrão de Qualidade

- média aritmética anual de 80 µg/m³ de ar;
- concentração máxima diária de 365 µg/m³, que não deve ser excedida mais do que uma vez ao ano.

b.2. Método de Referência

- método de pararosanilina ou método equivalente.

C) Oxidantes Fotoquímicos (O₃)

c.1. Padrão de Qualidade

- concentração máxima horária de 160 µg/m³ de ar, que não deve ser ultrapassada mais de uma vez ao ano.

c.2. Método de Referência

- método de luminescência química, ou método equivalente.

Além desses padrões de qualidade do ar nacionais, a legislação estadual estabelece ainda critérios para caracterizar os episódios agudos de poluição, com vistas ao acionamento do Plano de Prevenção de Episódios Agudos de Poluição do Ar.

A Tab. 7.7 busca resumir os principais valores numéricos, em microgramas por metro cúbico, e os respectivos níveis de qualidade do ar.

Os dados utilizados para a análise do comportamento genérico da poluição do ar em Cubatão foram obtidos através dos relatórios de concentrações horárias medidas pela Rede Telemétrica da CETESB em cada uma das 3 estações amostradoras locais, durante o período de Jan/83 a Dez/89.

Os números foram compostos de acordo com os critérios de episódios agudos de poluição do ar, para cada ano do período considerado.

As estações amostradoras da CETESB em Cubatão utilizam "monitor beta" para avaliar as concentrações horárias de material particulado. Como o padrão nacional de qualidade do ar prevê o uso de amostrador de grandes volumes

(Hi-Vol) como método de referência, as concentrações medidas foram corrigidas para efeito de análise. As medições em tempo real do monitor beta, foram corrigidas para os valores Hi-Vol de acordo com a equação de correção adotada pela CETESB para Cubatão¹⁰⁹, isto é:

$$\text{Valor de Hi-Vol} = (\text{valor monitor beta}) * 1,66 + 8$$

Tanto para Material Particulado, como para Dióxido de Enxôfre, foram utilizados os padrões em microgramas por metro cúbico de ar. Para Ozona utilizamos o número de dias e horas em que ocorreram ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para esse poluente.

TABELA 7.7

Critérios que Caracterizam os Episódios Agudos de Poluição Atmosférica no Estado de São Paulo:

POLUENTE	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Material Particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, média 24hs)	375	625	875
Dióxido de Enxôfre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, média 24hs)	800	1600	2100
Oxidantes Fotoquímicos (O_3 , valor máximo 1h)	200	800	1200

(Decreto Estadual nº 8.468, de 08/setembro/1976)

7.13. Dados de Poluição

Os dados referentes ao monitoramento da qualidade do ar para os diversos poluentes de interesse, anteriormente mencionados, foram coligidos das planilhas de concentrações horárias da Rede Telemétrica elaboradas pela CETESB.

As concentrações médias diárias dos poluentes pesquisados foram calculadas a partir dos registros hora a hora das planilhas mensais, excluídos os de valores nulos e as "ausências de dados".

Para o item MATERIAL PARTICULADO os valores horários registrados nas planilhas eram referentes ao método do Monitor Beta, e foram transformados em valores Hi-Vol através do uso da equação de correção apropriada.

Foram classificados os episódios de poluição ocorridos no período do estudo (1983 a 1989) segundo os diversos níveis de gravidade, bem como as médias aritméticas diárias e mensais e geométricas anuais.

Os níveis de dióxido de enxofre foram utilizados diretamente para os cálculos, sem a necessidade de aplicação de fator de correção. Foram analisados sob a forma de médias diárias, mensais e anuais para o período estudado.

Os níveis de OZONA foram avaliados em função do número de horas (persistência) e número de dias (episódios) em que as concentrações de 1 hora estiveram acima do PQAr tolerável para esse poluente, ou seja $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ou 82 ppb). A gravidade do quadro de poluição por ozona foi avaliado em função dos níveis atingidos na média horária dentro dos critérios legais vigentes. Para elaboração das tabelas referentes ao comportamento do ozona, foram contados manualmente todas as horas e dias em que os níveis monitorados ultrapassaram os PQAr, e posteriormente classificados em função de sua gravidade.

Foi feita a análise do comportamento desses poluentes em cada ano estudado, e cada uma das áreas cobertas pela respectiva estação telemétrica. Os resultados foram extrapolados para o entorno residencial, associando-se os dados como exposição potencial da população ali residente.

7.14. Análise Estatística

Foram utilizadas várias técnicas estatísticas para descrever e analisar os dados obtidos dos exames^{18,28,37,67,82,121,170,176,280}.

Este estudo compreendeu a análise de duas coortes (1983 e 1985)^{82,170,242,296}. Entretanto, os dados observados em cada um dos anos de acompanhamento das Coorte 1 e Coorte 2, constituem isoladamente um estudo transversal, que fornecem também parâmetros para uma avaliação^{37,176,280}.

As variáveis antropométricas e espirométricas, de características quantitativas, são mostradas através de medidas de tendência central e medidas de variabilidade, com o cálculo de médias e desvios-padrão das coortes em separado^{28,82,121,176,280}.

A forma utilizada para avaliação das fontes de variação foi a **Análise de Variância e Co-Variância**²⁹⁶, e para aplicação desta técnica foi empregado o conjunto de programas estatísticos **BMDPv3 - General Mixed Model Analysis of Variance**²⁸.

As variáveis ALTURA, PESO e IDADE foram analisadas como covariadas, e o SEXO e a ESCOLA constituiu-se no fator de variação. A interação desses fatores SEXO/ESCOLA constituiu-se no fator aleatório.

Tinhamos como objetivo utilizando essa técnica obter os valores espirométricos esperados para cada um dos parâmetros de interesse no estudo. Como foram quantificados os pesos de cada uma das variáveis intervenientes, isto é, SEXO, ESTATURA, PESO e LOCAL DE ESTUDO (ou ESCOLA) na determinação dos valores esperados ou valores-padrão, pôde-se descontar a participação de cada uma dessas variáveis na média geral do parâmetro ventilatório, e desta forma esse resultado "corrigido", ou seja os resíduos desse procedimento, pôde ser correlacionado com outras variáveis de interesse^{37,67,242,280}.

Optamos trabalhar com **números índices**, isto é, valores percentuais em relação a uma base. No caso, foi fixado como a base, o ANO de início das duas coortes, e o resultado corrigido foi o valor previsto pelos modelos ajustados.

A composição destes números ao longo dos anos de estudo possibilitou avaliar se houve melhora (acréscimo no índice), piora (decréscimo no índice) ou ainda, se o comportamento da variável de interesse foi constante no tempo.^{82,170,176,242}

Esses dados foram tratados por coorte, e dentro de cada coorte, segundo sexo e escola, para todos os parâmetros ventilatórios de interesse.

Com o objetivo de realizar uma comparação entre as diferentes escolas e/ou áreas de Cubatão, foi necessário empregar a estatística de WELCH, quando as variáveis espirométricas não mostraram homocedasticidade (ou homogeneidade de variância), ou a estatística de FISHER quando a homocedasticidade foi comprovada pelo teste de LEVENE¹⁷⁶.

Onde foi pertinente, além da análise em separado de cada variável (antropométrica e espirométrica), efetuamos uma **análise multivariada de variância** (MANOVA), visando controlar o nível de significância associado à diferença entre os vetores de medidas observadas para cada escola²⁹⁶.

Nos casos em que foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre as médias de números-índices registradas para as diversas escolas (ou áreas de Cubatão) para determinados parâmetros, procurou-se saber quais dessas escolas (ou áreas) poderiam ser agrupadas por apresentarem valores próximos dentro do grupo (homogeneidade) e diferente entre os grupos (heterogeneidade)^{37,280}.

A técnica estatística que nos possibilitou efetuar esses agrupamentos é a de "CLUSTER" por variáveis, aperfeiçoada por BUSSAB³⁷, que reúne os grupos homogêneos, isto é, aqueles que não diferiram significativamente ($P > 0,05$), para visualização das semelhanças entre grupos de escolas para cada variável espirométrica de interesse. Para comparação das médias de cada área foi utilizado o Teste "T" Pareado^{28,176}. Os resultados dessa operação são apresentados na forma de dendrogramas, com os piores valores base à esquerda, e os melhores valores base posicionados à direita no eixo de distribuição.

Para se avaliar a variação das médias dos parâmetros ventilatórios ao longo do período estudado foram utilizados procedimentos de Regressão Linear Simples. Concomitantemente aos coeficientes de regressão, foi estimada a incerteza desse coeficiente pelo Método de Mínimos Quadrados, ou de Gauss^{82,170}.

VIII. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Os resultados expõem a gravidade e a complexidade dos danos ambientais e riscos à saúde pública associados à emissão de poluentes para a atmosfera na Região de Cubatão, como será visto a seguir.

Não fôsse o acelerado processo de deterioração da qualidade de vida dos núcleos populacionais existentes e os emergentes na região, em razão de múltiplas condições adversas, em grande parte decorrentes da localização inadequada de um conglomerado emergente, da ausência de infraestrutura de saneamento básico e de condições socio-econômicas extremamente baixas, a emissão atmosférica de poluentes de origem industrial contribuiu de forma importante para o agravamento da situação.

8.1. Poluição Atmosférica Ambiental

Os Emissores

Para lidar com o problema da poluição do ar em Cubatão, foi necessário estabelecer prioridades de controle e impor, posteriormente, esse controle às principais fontes da região^{44,63}. Desta forma, numa primeira fase, em 1984, a Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) efetuou levantamentos industriais detalhados, o que permitiu a seleção dos principais objetivos de controle considerando as maiores fontes fixas de poluição³⁹. A segunda fase caracterizou-se por duas formas de controle: a imposição de padrões de emissão e o uso obrigatório de equipamentos de controle, esses impostos em base individual^{39,40,41}.

As emissões estão discriminadas como valores potenciais e reais/residuais, e as medidas são expressas em quilogramas por dia (Kg/dia).

Podemos ver na Tab. 8.1 que em termos quantitativos as principais emissões de poluentes atmosféricos verificadas em Cubatão resumem-se em:

A Tab. 8.2 resume as estimativas de emissão potencial e real dos principais poluentes lançados pelas 23 fontes prioritárias do Município de Cubatão, obtidas nos levantamentos industriais efetuados no período de 1983 a 1984^{42,44}.

Na distribuição das fontes prioritárias de poluição do ar, a Tab. 8.3 exibe informações sobre as fontes industriais em torno de cada uma das estações fixas de amostragem. É interessante verificar nessa tabela a importância das emissões estimadas no que diz respeito às quantidades de MP e SO₂ produzidas pelas fontes localizadas no Vale do Rio Cubatão e no Vale do Rio Mogi, monitoradas respectivamente pelas estações de "Cubatão-Centro" e "Vila Parisi". O MP e o SO₂ foram os poluentes considerados como prioritários pela CETESB para suas ações de controle na região^{43,44}.

TABELA 8.1

Principais emissões de poluentes do Complexo Industrial de Cubatão.

TIPO DE POLUENTE	EMIÇÃO(Kg/dia)
Material Particulado (Poeiras)	316.3506
Óxidos de Enxôfre (SO _x)	78.353
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	61.085
Hidrocarbonetos	9.000
Amônia	8.736
Fluoretos	2.620

Fonte: CETESB^{42,44}.

Dentre as atividades industriais desenvolvidas na região, a indústria química se destaca como a mais significativa fonte de emissão de poluentes. Pelos dados apresentados na tabela acima, esta atividade contribui com 97% do total de ácidos (névoas e gases) emitidos, onde 94% são provenientes das indústrias de fertilizantes.

Elas respondem por 81% das emissões totais de material particulado. De um total aproximado de 84% de poluentes orgânicos (gases e vapores), 52% são provenientes da refinaria de petróleo e das indústrias petroquímicas^{45,48}.

TABELA 8.2

Emissões de poluentes produzidas por fontes estacionárias de Cubatão, em unidades de kg/dia.

POLUENTE	TIPO DE EMISSÃO	QUEIMA DE COMBUSTÍVEL	PROCESSO INDUSTRIAL	TOTAL
Material Particulado	Potencial	3.007	364.463	367.470
	Real	2.701	44.199	46.900
Óxidos de Enxofre(SO _x)	Potencial	36.547	39.810	76.357
	Real	36.547	35.502	72.049
Óxidos de Nitrogênio	Potencial	12.234	33.410	45.644
	Real	12.234	18.106	30.340
Hidrocarbonetos(HC)	Potencial	287	76.727	77.014
	Real	289	61.340	61.651
Monóxido de Carbono	Potencial	1.074	701.960	703.034
	Real	1.074	23.990	25.064
Fluoretos (F ⁻)	Potencial		14.427	14.427
	Real		6.925	6.925
Aldeídos	Potencial	192	412	604
	Real	192	-	192
(H ₂ S)	Potencial	11	8.612	8.623
	Real	11	459	470
Névoas Ácidas	Potencial		1.933	1.933
	Real		899	899
Amônia (NH ₃)	Potencial		57.070	57.070
	Real		55.889	55.889
Gás Clorídrico	Potencial		14.628	14.628
	Real		2.521	2.521
Ácido Clorídrico	Potencial		498	498
	Real		33	33
Monoetanol-amina	Potencial		28	28
	Real		28	28

(*) Não inclui poeira fugitiva

(**) A siderúrgica local não está incluída nesta tabela com uma contribuição estimada de 91.500 kg/dia de emissão real de material particulado.

FONTE: Reproduzido de "Programa de Controle de Poluição do ar e Estratégias no Brasil, CETESB, 1986.

TABELA 8.3

Características das fontes industriais de poluição atmosférica em Cubatão.

FONTES DE EMISSÃO NAS BACIAS AÉREAS (A + B)	PORCENT. NO TOTAL ESTIMATIVAS DE EMISSÕES REFENTES A 1983					SETOR DE INFLUÊNCIA E DISTÂNCIA APROX. EM KILOMETROS DAS ESTAÇÕES AMOSTRADORAS			
VALE DO RIO CUBATÃO									
	MP	SO2	NOX	HC	CO	CUBATÃO RESIDENCIAL V.PARISI			
Alba Adria	9,10	3,00	s/i	s/i	s/i	N	1,9	WSW	2,9
Carbocloro	0,00	0,90	2,20	0,02	0,03	NNE	0,9	SW	3,1
Cia. Bras. Estireno	2,90	s/i	4,46	0,04	0,06	W	1,0	SW	4,7
Cia. Sant. de Papel	0,72	s/i	1,06	0,01	0,01	W	3,6	WSW	6,9
Concretex	0,00	s/i	s/i	s/i	s/i	WSW	2,9	WSW	6,6
Constran	0,02	0,50	s/i	s/i	s/i	WSW	2,9	SW	6,6
Costa Moniz(ocsat/84)	0,00	0,03	s/i	s/i	s/i	SW	2,5	SW	6,5
Engeclor	0,06	0,00	s/i	s/i	s/i	SW	1,2	SW	2,9
Petrobras(RPBC)	1,50	40,74	30,40	83,41	0,39	WNN	2,2	WSW	5,5
Petrocoque	0,00	0,07	0,21	0,00	0,00	NNN	1,6	WSW	3,5
Rhodia	0,00	0,54	0,31	0,00	0,00	N	1,2	SW	3,1
Ultrafétil(FAFER)	0,15	4,30	47,46	0,20	0,04	W	2,2	WSW	5,5
Union Carbide	0,16	7,38	4,72	0,19	0,08	N	2,3	WSW	2,7
VALE DO RIO MOGI									
Cim. Santa Rita	0,16	0,61	0,22	s/i	s/i	NNE	3,7	W	0
Copebrás	22,59	10,45	5,87	12,95	97,60	NNE	5,5	NNW	1,6
Cosipa	14,92	6,07	s/i	s/i	s/i	ENE	4,7	SE	1,9
Fertiliz. União	9,57	0,34	0,22	0,00	0,00	NE	4,4	NNW	0,6
Gespa	0,28	2,44	0,65	0,00	0,30	NE	4,4	NNW	0,6
I.A.P.(Fertilizantes)	10,52	2,89	0,27	0,00	0,00	NE	5,4	ENE	1,4
Adubos Trevo	0,03	0,47	0,19	0,00	0,00	NE	3,9	SW	0,4
Liquid Carbonic	0,01	0,20	0,06	s/i	0,00	NE	5,2	N	1,1
Manah	10,03	1,37	0,39	0,00	0,00	NE	6,1	ENE	2,2
Ultrafétil(S.Marcos)	17,32	17,70	1,31	3,20	1,76	NE	6,1	NE	2,1

Fonte: CETESB⁴⁸.

Em termos da geração de poluentes, devemos ressaltar a indústria siderúrgica, responsável pela emissão de 29% do total de gases inorgânicos, 17% do material particulado, 16% do total de gases orgânicos e 2% do total de ácidos.

As emissões de SO_2 apresentam razoável equilíbrio entre o grupo de indústrias do Vale do Rio Cubatão (57%) e do Vale do Rio Mogi (43%). O Material Particulado tem no Vale do Rio Mogi uma concentração bem mais elevada, com 85% das emissões totais estimadas. Explica-se o fato, dado o predomínio de indústrias de fertilizantes, com 5 empresas das 7 instaladas em Cubatão, além da presença da indústria siderúrgica nessa bacia aérea.

Situação inversa ocorre com relação aos poluentes ditos "oxidantes". As emissões de NO_x ocorrem quase totalmente na bacia aérea do Vale do Rio Cubatão com 91%, onde a Refinaria "Presidente Bernardes" contribui com 30%. O Vale do Rio Mogi contribui com modestos 9%, apresentando a predominância da Copebrás (6%).

As emissões de hidrocarbonetos (HC) predominam no Vale do Rio Cubatão; proveem quase totalmente da Refinaria Pres. Bernardes com 83% das emissões no Município. No Vale do Rio Mogi a Copebrás é responsável por 12% das emissões. As demais indústrias tem participação insignificante.

Os fluoretos, sólidos e gasosos, tem suas emissões concentradas no Vale do Rio Mogi com praticamente 100% do total emitido no Município. A Copebrás emite cerca de 50%, seguida da Ultrafertil com 41%.

Isto posto, compreendemos melhor a hipótese da existência de duas "bacias aéreas" na Região, caracterizadas no mínimo pela natureza dos poluentes emitidos¹¹⁷.

A Tab. 8.4 procura resumir as estimativas de emissão por tipo de poluente em cada indústria. As empresas foram agrupadas segundo a bacia aérea, coincidente com a hídrica, onde estão localizadas. Essas estimativas foram compiladas dos inventários de emissão realizados pela CETESB nos anos de 1984, 1987 e 1989. Os resultados que se encontravam divididos em campos relativos à queima de combustível e processamento industrial foram unificados de forma a traduzir a estimativa do total lançado pela indústria na atmosfera.

TABELA 8.4

Evolução das estimativas de emissão dos principais poluentes (em ton/ano), por Setor de localização das empresas do Polo Ind. de Cubatão^{39,40,41}.

EMPRESA	ANO	MP	SO _x	NO _x	HC
CIMENTO SANTA RITA	1984	2393	323	25	0,4
	1987	19831	4576	20	0,3
	1989	124	323	27	-
COPEBRAS S/A	1984	9554	3092	652	2734
	1987	2015	4705	98	5623
	1989	1854	924	100	-
COMPANHIA SIDERÚRGICA PAULISTA S/A	1984	24616	6604	7564	4428
	1987	9072	18	2193	3727
	1989	15836	4436	7564	-
SOLORRICO S/A	1984	9837	129	25	0,4
	1987	835	78	8	0,1
	1989	238	126	13	-
GESPA S/A	1984	185	913	72	1,1
	1987	231	711	55	0,9
	1989	79	913	72	-
IND. DE ADUBOS PAULISTA S/A	1984	10781	1087	30	0,4
	1987	4182	968	21	0,3
	1989	153	741	22	-
ADUBOS TREVO S/A	1984	10737	269	26	0,4
	1987	174	196	16	0,3
	1989	56	269	26	-
LIQUID CARBONIC S/A	1984	1,5	17	6,6	-
	1987	1,5	17	6,6	0,1
	1989	1,5	17	6,6	-
MANAH S/A	1984	10450	279	44	0,7
	1987	3271	217	21	0,3
	1989	4983	225	22	-
ULTRAFERTIL S.MARCOS	1984	861	8959	146	675
	1987	984	2379	3465	488
	1989	1472	605	4916	-
TOTAL	1984	79416	21671	8591	7840
	1987	40597	13866	5904	9840
	1989	24797	8579	12769	-

TABELA 8.4
 Continuação da página anterior. CETESB^{39,40,41}

EMPRESA	ANO	MP	SO _x	NO _x	HC
ALBA QUIMICA LTDA	1984	21	243	96	1,7
	1987	20	237	94	1,6
	1989	21	243	96	s/i
CARBOCLORO S/A	1984	72	907	244	4,0
	1987	53	689	160	2,6
	1989	55	707	244	s/i
COMPANHIA BRASILEIRA ESTIRENO	1984	108	1242	496	8,0
	1987	71	813	325	5,4
	1989	72	835	130	s/i
COMPANHIA SANTISTA DE PAPEIS	1984	26	3413	118	1,8
	1987	71	222	89	1,5
	1989	s/i	s/i	s/i	s/i
CONCRETEX	1984	s/i	s/i	s/i	s/i
	1987	s/i	s/i	s/i	s/i
	1989	s/i	s/i	s/i	s/i
CONCREBRAS CONSTRAN	1984	6	s/i	s/i	s/i
	1987	s/i	s/i	s/i	s/i
	1989	6	s/i	s/i	s/i
ENGECLOR S/A	1984	0,4	1,8	0,1	<0,01
	1987	0,02	1,9	0,3	0,01
	1989	0,4			s/i
PETROBRAS S/A R.P.B.C.	1984	876	10529	3378	17602
	1987	2790	13828	4538	3793
	1989	713	6193	2697	s/i
PETROCOQUE	1984	5693	438	23	0,4
	1987	182	37	3	0,4
	1989	127	438	88	s/i
RHODIA S/A	1984	8	245	35	0,7
	1987	4	47	19	0,3
	1989	4	245	20	s/i
ULTRAFERTIL FAFER	1984	204	2250	5274	35,8
	1987	32	1327	269	9,6
	1989	9	475	1011	s/i
UNION CARBIDE S/A	1984	116	1517	525	40,9
	1987	223	2384	588	2614
	1989	32	364	510	s/i
TOTAL	1984	7130	20786	10188	17695
	1987	3446	19586	6085	6428
	1989	1039	9500	4796	s/i

Das 23 empresas prioritárias de Cubatão, três não constam das tabelas citadas, pois não foi possível efetuar o cálculo das emissões, por não existirem fatores de emissão (ou amostragem em chaminés, ou não ocorrer queima de combustível). Duas delas estão no vale do rio Mogi: a Engebasa Mecânica S/A que presta serviços de usinagem e caldeiraria e a Titanor Ind. e Com. Maquinas e Metais S/A que realiza reparos em peças de titânio e metais não-ferrosos. A terceira estava localizada no vale do Cubatão, era a Costa Moniz S/A e foi desativada em meados de 1984.

Não foram inventariadas as emissões de duas empresas de extração e britagem de pedras. Uma delas, a Pedreira Mantiqueira S/A, localiza-se muito próximo ao conglomerado urbano, no vale do rio Cubatão. A outra, a Mineração Diplomata S/A, apesar de estar no mesmo vale, se encontra em local afastado do centro urbano, no Caminho dos Pilões⁴⁸.

Através de atualizações realizadas em 1987 e 1989 podemos acompanhar a evolução das emissões das indústrias, seja para verificar a estratégia do plano de controle que a CETESB implantou na região, ou para avaliar (estimar) o impacto que a redução dos níveis de poluição ocasionou em torno de cada empresa e por extensão aos receptores^{40,41}.

A Tab. 8.5 mostra a situação dos níveis de poluição do ar com o desenvolvimento do Programa de Controle de Poluição do Ar instituído pela CETESB para a região^{39,41}.

Uma das principais preocupações da CETESB para a região de Cubatão foi com a área da Vila Parisi e o vale do Rio Mogi. As concentrações de partículas em suspensão e dióxido de enxofre, eram extremamente elevadas, o que não é inusitado, pois ali estão instaladas as indústrias de fertilizantes, a siderúrgica, a fábrica de gesso e a de cimento^{43,45,49,117,229}.

Os níveis de óxidos de enxofre são relativamente mais baixos na área, apesar das grandes quantidades de combustível queimado. Provavelmente a redução de 36% observada no período de 1984 a 1989 foi em decorrência da substituição do óleo combustível com alto teor de enxofre, por um combustível industrial com baixo teor. A progressiva eletrificação de diversos setores do parque industrial, colaborou com a redução de emissões devidas à queima de combustível.

TABELA 8.5

Metas da CETESB para o programa de controle de poluição do ar em Cubatão, em toneladas/ano.

POLUENTE	1984 (ton/ano)	1989 (ton/ano)	PORCENTAGEM DE REDUÇÃO
MATERIAL PARTICULADO	115.468 57%	28.451 42%	75%
ÓXIDOS DE ENXÔFRE	28.599 14%	18.077 26%	37%
ÓXIDOS DE NITROGÊNIO	22.296 11%	17.360 25%	22%
HIDROCARBONETOS	32.850 16%	4.390 6%	87%
AMÔNIA	3.189 1,6%	75 0,1%	98%
FLUORETOS	956 0,5%	73 0,1%	92%
TOTAL	203.359 100%	68.405 100%	66%

Fonte: CETESB^{42,63}.

A maior redução proporcional verificou-se em relação às emissões de amônia com 97%. Isso certamente terá reflexos importantes na redução dos sulfatos secundários.

A seguir vêm os fluoretos, com redução de 92%. Isto trará benefícios à área onde se concentram os maiores emissores, como sabemos, a região de Vila Parisi.

O item "Material Particulado", principal meta de controle, entre as instituídas pela CETESB, não mostrou a proporção de redução esperada. Verifica-se um decréscimo de 75%, bem aquém dos 90% fixados inicialmente.

Os poluentes com menor redução proporcional foram os óxidos de nitrogênio (NO_x) com 22%. Essa pequena redução percentual, coloca esses poluentes em posição de destaque na composição proporcional dos níveis de poluição em 1989.

Os óxidos de nitrogênio com 25%, associados aos óxidos de enxôfre com 26% e aos hidrocarbonetos com 6%, passam a modificar as características da poluição na região.

Esta passa a dever-se aos oxidantes fotoquímicos, denominação dada à mistura de poluentes secundários formados pela reação dos hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e produtos dos óxidos de enxôfre na presença de luz solar. O principal produto dessa reação é o gás ozona (O_3), com graves consequências aos receptores com será visto adiante^{4,6,9,54,59,92,165,186,205,214,216,220}.

Poluição Atmosférica no Período de Estudo

As ações de controle desenvolvidas pela CETESB na região de Cubatão estão baseadas na legislação ambiental do Estado. O Quadro 8.1 ilustra os padrões nacionais de qualidade do ar para os poluentes prioritários utilizados no controle ambiental, cujas definições já foram descritas no capítulo referente à metodologia^{44,205}.

QUADRO 8.1

Padrões de qualidade do ar utilizados no Estado de São Paulo.

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MÉTODO DE MEDIÇÃO
Partículas em suspensão	24 horas(1)	240	Hi-Vol
Dioxido de Enxôfre	24 horas	365	Pararosanilina
Ozona	1 hora	160	Luminescência química

Fonte: CETESB⁴⁴.

Para fins de análise dos fatos ocorridos nesse estudo relacionando a evolução dos resultados espirométricos com a variação dos níveis de qualidade do ar no Município também foram considerados os critérios para caracterizar os episódios agudos de poluição do ar como mostra Tab. 7.7 inserida no capítulo de metodologia.

Concentrações dos Principais Poluentes

Material Particulado

As concentrações médias anuais de material particulado que são sumarizadas na Tab. 8.6 para o período de estudo mostram sensíveis diferenças quantitativas entre as duas bacias aéreas, retratadas pela Estação de Vila Parisi que se situa no vale do Rio Mogi, e as estações Cubatão Centro e Vila Nova, localizadas no vale do Rio Cubatão. Essas últimas situadas em pontos opostos do eixo longitudinal de Cubatão, tentam retratar duas realidades ligeiramente diferentes. A estação de Cubatão Centro situa-se em área urbana central, com circunvizinhança representada por indústrias, residências e comércio. A outra, Cubatão-Vila Nova, iniciou a operação em fevereiro de 1984. Encontra-se em um bairro residencial de Cubatão, apesar da proximidade com a Rodovia Anchieta (que une a Baixada Santista ao Planalto).

Os dados mostram que os valores obtidos na estação Vila Parisi são sempre bem mais elevados que nas demais.

Chamam a atenção os valores assinalados pela estação Vila Nova, que apesar de estar relativamente afastada do núcleo industrial apresenta valores médios anuais sensivelmente maiores nos anos de 1984 e 1985, quando comparados com os encontrados para a estação Cubatão Centro. Tal comportamento é verificado tanto em relação às médias aritméticas de 24 horas com $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Cubatão Centro e $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a Vila Nova no ano de 1984, como para as médias geométricas anuais, respectivamente, $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A situação agrava-se ligeiramente no ano de 1985, quando as médias geométricas anuais foram de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Cubatão Centro e $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Vila Nova, mantendo-se portanto a mesma relação do ano anterior.

TABELA 8.6

Valores médios anuais de poeira em suspensão, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por Estação.

ANO	AMOSTRADOR	CENTRO MÉDIA		VILA NOVA MÉDIA		VILA PARISI MÉDIA	
		ARIT.	GEOM.	ARIT.	GEOM.	ARIT.	GEOM.
1983	Monit. Beta	108	98	-	-	138	117
	Hi-Vol(*)	187	171	-	-	237	202
1984	Monit. Beta	56	43	912	69	186	169
	Hi-Vol(*)	101	79	159	123	317	289
1985	Monit. Beta	65	45	119	73	173	140
	Hi-Vol(*)	116	83	206	129	295	240
1986	Monit. Beta	53	46	-	-	165	139
	Hi-Vol(*)	96	84	-	-	282	230
1987	Monit. Beta	55	49	-	-	151	133
	Hi-Vol(*)	99	87	-	-	259	228
1988	Monit. Beta	69	64	34	29	116	104
	Hi-Vol(*)	123	115	64	56	201	180
1989	Monit. Beta	54	51	52	44	115	105
	Hi-Vol(*)	98	93	94	81	199	182

Fonte: CETESB^{49,50,51,52}.

(*) Valores obtidos da equação de ajuste, da CETESB, a partir do monitor de absorção beta.

Embora a estação Vila Nova não tenha monitorado as concentrações de material particulado em 1986 e 1987, reiniciando a operação regular de amostragem em agosto de 1988, verificamos uma sensível queda nos valores anuais desse ano, quando comparados com o período de 1984 e 1985, ficando a níveis muito inferiores aos assinalados pela estação Cubatão Centro, com $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $64\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Isso pode ser explicado pela mudança das instalações da estação Vila Nova para outro local. Esta estação se situava em local não pavimentado e estava sob a influência de elevadas concentrações de poeira ressuspensa do solo. Além disso, nesse mesmo ano ocorreram o término das obras do anel viário de acesso a

Cubatão a partir da Via Anchieta e a pavimentação das principais ruas da Vila Natal, fatores que certamente contribuíram para melhorar as condições locais.

FIGURA 8.1

Localização da Estação Amostradora de Vila Nova no ano de 1984 (antiga) e em 1988 (nova)^{44,51}.

Os valores médios anuais mostram uma flutuação irregular ao longo do período de 1983 a 1989 com leve tendência de queda. Essa tendência se nota claramente na estação de Vila Parisi onde foi progressiva e chegou a $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1988.

A Tab. 8.7 reúne os maiores valores de médias aritméticas diárias (24hs) registrados pelas três estações amostradoras em cada ano do período de estudo reflete as mesmas tendências decrescentes no tempo, que as médias geométricas anuais. Da mesma forma que na representação anterior, durante o ano de 1985 foram registradas as maiores máximas tanto para a estação Cubatão Centro, com $514 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como para a estação Vila Parisi, com $488 \mu\text{g}/\text{m}^3$, porém com valores maiores para aquela.

TABELA 8.7

Valores Máximos das médias diárias de poeira total em suspensão, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, segundo localização da estação amostradora em Cubatão.

ANO	AMOSTRADOR	ESTAÇÃO AMOSTRADORA					
		CENTRO		VILA NOVA		VILA PARISI	
		1ª MÁX.	2ª MÁX.	1ª MÁX.	2ª MÁX.	1ª MÁX.	2ª MÁX.
1983	Monit. Beta	306	243	-	-	475	463
	Hi-Vol	516	411	-	-	797	777
1984	Monit. Beta	216	77	369	360	576	516
	Hi-Vol	367	302	621	606	964	865
1985	Monit. Beta	514	340	488	476	519	510
	Hi-Vol	861	572	818	798	870	855
1986	Monit. Beta	186	158	-	-	409	389
	Hi-Vol	317	270	-	-	687	654
1987	Monit. Beta	201	175	-	-	466	439
	Hi-Vol	342	299	-	-	782	737
1988	Monit. Beta	257	176	73	64	409	401
	Hi-Vol	435	300	129	114	687	674
1989	Monit. Beta	173	117	133	127	293	115
	Hi-Vol	295	202	228	219	494	199

Fonte: CETESB⁵².(*) Reinício de monitoramento em AGO/88.

A estação de Vila Parisi registrou seus piores valores no ano de 1984 com $576 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de média diária (24 hs.). Apesar da flutuação observada nas máximas das médias diárias na Vila Parisi, a tendência geral foi de decréscimo.

Entretanto, para a estação Vila Nova verifica-se que, apesar do lapso de tempo entre 1986 e agosto de 1988, quando foi reiniciado o monitoramento, as médias máximas diárias apresentaram comportamento distinto das demais estações

amostradoras. Na estação de Vila Nova a 1ª máxima média diária foi de $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e em 1989 subiu para $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com um incremento de 82%.

Em vista dos valores aparentemente baixos registrados a partir do 2 semestre de 1989, a CETESB resolveu interromper o monitoramento desse poluente na área da Vila Nova. Estão, porém, ainda em operação as estações amostradoras de Cubatão-Centro e Vila Parisi.

A legislação de proteção ambiental em vigor até meados de 1990 determinava que o método de referência para monitoramento da qualidade do ar para material particulado era o do amostrador de grandes volumes (Hi-Vol), apesar da implementação do plano de controle ser baseada em medições de tempo real do monitor beta corrigidas para "PTS", isto é, particulado total em suspensão⁴⁶.

Considerando-se o monitoramento através do amostrador de grandes volumes (Hi-Vol) como referência para índices de material particulado, as Tabs. 8.8, 8.9 e 8.10 mostram o comportamento das médias geométricas anuais e frequência de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar (PQAr) nas estações amostradoras de Cubatão-Centro, Vila Nova e Vila Parisi, respectivamente.

Na área abrangida pela estação Cubatão Centro podemos verificar que os valores médios anuais apresentaram flutuações no período de estudos, sem variação significativa. O pior valor anual ocorreu em 1984 (média geom. anual de $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sem se verificar entretanto nesse ano correspondência com a primeira máxima diária. As variações apresentadas ao longo do período estudado não permitem, entretanto, uma conclusão em relação à tendência de comportamento desse poluente na área central de Cubatão.

Tomando-se os resultados levantados para a estação de Vila Nova, verifica-se que como na estação Cubatão Centro, a maior média geométrica anual ocorreu em 1984 com $191 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com tendência de decréscimo nos dois anos subsequentes. O valor médio anual, e as médias máximas diárias são muito superiores às assinaladas pela estação Cubatão Centro.

O equipamento de amostragem de material particulado - monitor beta e amostrador de grandes volumes (Hi-Vol) - foi desativado na estação Vila Nova desde 1987 até fins de agosto de 1988, o que impede a verificação da tendência da qualidade do ar para esse poluente nessa área de Cubatão.

TABELA 8.8

Médias geométricas anuais, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e número de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar por poeira total em suspensão em Cubatão Centro.

ANO	ULTRAPASSAGENS DO PQAR					1ª MÁX	2ª MÁX	MÉD. GEOM.	NUM. DE AMOSTRAS (*)	PORC. > PQAR
	< PQAr	PNQAr	At.	Al.	Em.					
1983	55	3	0	0	0	306	243	85	58	5%
1984	57	1	0	0	0	253	229	112	58	2%
1985	54	5	0	0	0	360	322	101	59	9%
1986	45	2	1	0	0	220	210	101	48	6%
1987	54	1	0	0	0	337	205	87	55	2%
1988	54	2	1	0	0	327	205	96	57	5%
1989	50	1	0	0	0	229	170	91	51	2%

Legenda: Padrão Qualidade do Ar (PQAr); Atenção (AT); Alerta (AL) e Emergência (Em). Fonte: CETESB^{49,52}

(*) Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) - 1 amostra de 24 horas a cada 6 dias

Analisando o comportamento dos dados na estação de Vila Parisi verifica-se que se trata de uma área crítica por seus níveis de poluição principalmente por esse contaminante. O ano de 1984 surge novamente como o pior na série temporal em relação à média geométrica anual, com $280\mu\text{g}/\text{m}^3$. O ano de 1983, entretanto, chegou a assinalar a maior máxima média diária, com $1006\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas) e 182 ultrapassagens dos padrões mínimos de qualidade do ar ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 24hs.). Nesse ano foram realizadas 345 amostras de 24 hs. Nos anos subsequentes o número de amostras foi bem menor, situando-se em torno de 54, ou uma amostra de 24 horas a cada 6 dias.

Entretanto, recentes estudos comparativos realizados por setores especializados da CETESB para os dois métodos de amostragem - a absorção de radiação beta e o amostrador de grandes volumes - mostraram que o sistema do monitor beta subestima os valores das partículas em suspensão, obedecendo a equações dependentes do local de amostragem e que variam em função do tempo no mesmo local.^{109,117,211}

TABELA 8.9

Médias geométricas anuais, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e frequência de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar por poeira em suspensão em Vila Nova.

ANO	ULTRAPASSAGENS DO PQAR					1ª	2ª	MÉD.	NUM. DE	PORC.
	< PQAr	PNQAr	At.	Al.	Em.	MÁX.	MÁX.	GEOM.	FILTROS	> PQAr
(#)										
1983	INEXISTENTE									
1984	21	17	4	1	0	688	544	191	43	51%
1985	23	24	8	0	0	624	601	176	55	58%
1986	28	12	3	1	0	626	544	175	44	64%
1987	DESATIVADA									
1988	DESATIVADA									
1989	DESATIVADA									

Fonte: CETESB^{49,52}.

(*) Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) - 1 amostra de 24 horas a cada 6 dias

Por essa razão, os níveis de qualidade do ar, bem como a caracterização de estados de atenção, alerta e emergência baseados nos valores assinalados pelo monitor beta, amostragem contínua de 24 horas, foram utilizados com aplicação dessa equação de correção para valores de amostrador de grandes volumes (Hi-Vol), até meados de 1990.

Em relação ao particulado total em suspensão, as concentrações extremamente altas localizaram-se na estação de Vila Parisi durante todo o período de estudo (1983 a 1989). Durante o levantamento dos dados, pode-se verificar uma predominância dessas altas concentrações de partículas em suspensão principalmente no período de maio a setembro.^{50,51,52,205}

Durante o ano de 1983 as concentrações chegaram a ultrapassar 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Houve 215 ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar (média de 24 hs. maior que 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), e foram declarados 18 estados de alerta e 2 de emergência.

TABELA 8.10

Médias geométricas anuais, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e frequência de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar por material particulado em Vila Parisi.

ANO	ULTRAPASSAGEM DO PQAR					1ª MÁX.	2ª MÁX.	MEDIA GEOM.	NUM. DE FILTROS (#)	PORC. > PQAr
	< PQAr	PNQAr	At.	Al.	Em.					
1983	163	135	38	8	1	1006	805	188	345	53%
1984	2	39	18	0	1	853	55	280	60	97%
1985	14	30	8	1	0	691	494	237	55	71%
1986	37	9	9	0	0	628	572	248	55	33%
1987	24	20	5	0	0	516	507	207	49	51%
1988	27	16	5	0	0	577	446	191	51	41%
1989	13	32	10	0	0	598	485	245	55	82%

Fonte: CETESB^{49,50,52}.

(*) Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) - 1 amostra de 24 horas a cada 6 dias.

Em 1984, a CETESB iniciou a implementação do Plano de Prevenção de Episódios Agudos de Poluição, nesse ano foram declarados 12 estados de alerta e 1 de emergência.²²⁰

Notamos que na área de Vila Parisi houve sensível redução nos valores de pico para poeiras em suspensão.^{50,52}

No núcleo abrangido pela estação Vila Nova houve, em 1984, 22 ultrapassagens do padrão de qualidade do ar e um estado de alerta. Em 1985 a situação se agravou, em 32 dias o padrão de qualidade do ar foi ultrapassado, porém sem decretação de estado de alerta. Em 1986 foram 16 as ultrapassagens e foi decretado o estado de alerta uma única vez.

A conclusão das obras do anel viário próximo à localização das instalações da estação, e a remoção da mesma para a área mais central do núcleo

residencial da Vila Nova (Fig.8.1), reduziram o impacto desse poluente nos medidores.

No período de 1986 a 1989 apenas operaram os monitores das estações Cubatão Centro e Vila Parisi.

Em 1986 ocorreram 3 ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar diário na estação Cubatão Centro, e a média geométrica anual foi de $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$, acima do padrão para esse poluente ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A estação de Vila Parisi registrou 198 ultrapassagens do PQA diário, em 65 dias a qualidade do ar foi má e em 7 dias foi declarado o estado de alerta. A média geométrica anual foi de $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quase três vezes acima do padrão de qualidade do ar mínimo exigido para esse poluente. A proporção de dias no ano em que a qualidade do ar foi inadequada na Vila Parisi atingiu 77%.

Durante o ano seguinte, em 1987, a estação Cubatão Centro registrou 6 ultrapassagens do padrão de qualidade do ar para 24 horas. Em 61% dos dias a qualidade do ar foi aceitável e em 2% inadequada. A média geométrica anual foi de $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ligeiramente pior que no ano anterior.

Na estação de Vila Parisi ocorreram 139 ultrapassagens do padrão diário de qualidade do ar, onde 52 dias são estados de atenção e 7 dias estados de alerta. A média geométrica anual foi de $228 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quase o triplo do padrão anual desejável que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Apesar de grave, o quadro geral se mostra ligeiramente melhor que no ano anterior.

No ano de 1988 a estação Cubatão Centro registrou uma piora em relação a anos anteriores. Houve 15 dias em que o padrão de qualidade do ar foi ultrapassado e a média geométrica anual ficou em $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$, uma vez e meia superior aos níveis toleráveis, $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A estação de Vila Parisi no entanto, assinalou melhoras. Verificaram-se 129 ultrapassagens do padrão de qualidade do ar ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24hs.), 36 dias em estado de atenção e 4 em estado de alerta. A média geométrica anual foi de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bastante acima do padrão anual aceitável.

No ano de 1989, o monitoramento através do método Hi-Vol mostra situações diversas entre as estações amostradoras. A estação Cubatão-Centro apresenta um declínio da média geométrica anual de $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1988 para 91

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1989 (redução de 5%). A proporção de ultrapassagens dos PQAr em relação ao número de filtros amostrados foi de 2%.

A estação de Vila Parisi, entretanto, mostra um agravamento da situação local no ano de 1989. A média geométrica anual passa de $191 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1988, para $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1989 (vide Tab. 8.10). A proporção de ultrapassagens dos PQAr em relação ao número de amostras realizadas no ano duplicou. Em 1988 foram registrados 41% de amostras com concentrações superiores aos padrões estabelecidos, e em 1989 essa proporção elevou-se para 82%.

A rotina de utilização do amostrador de grandes volumes (Hi-Vol), apesar da utilização da equação de correção para evitar subestimação dos resultados, na frequência de uma amostra de 24 hs. a cada seis dias, poderia comprometer uma avaliação mais acurada da qualidade do ar em função do número de amostras num ano. Seria desejável um monitoramento mais contínuo, se possível cobrindo as 24 horas do dia, em todos os dias do ano. Isso foi realizado com a utilização do monitor beta, que além de monitorar continuamente, determinou as concentrações horárias da fração inalável do particulado total. Para particulados da fração inalável recentemente foram estabelecidos padrões de qualidade do ar em nossa legislação (Resolução CONAMA nº 3 de 28/JUNHO/1990).

A Tab. 8.11 resume a evolução das médias mensais e as frequências (dias) de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar, usando os valores obtidos pelos monitores beta (partículas inaláveis) para as três estações amostradoras de Cubatão no período de exame espirométrico das Coortes 1 e 2.

Olhando as amostragens realizadas durante os meses de exame da Coorte 1 (época de verão), verificamos uma irregularidade de amostragens muito grande entre as estações.

A estação Vila Nova mostra informações apenas para o ano de 1988, onde não foram registradas ultrapassagens dos PQAr. Nos anos anteriores e no subsequente a amostragem não foi realizada, o que não permite inferência alguma sobre as condições de exposição para a área abrangida por essa estação no período considerado.

A área abrangida pela estação Cubatão-Centro pôde ser avaliada apenas até o ano de 1988. Durante esse período (1983-1988) o comportamento dos

níveis de poluentes nos meses de exame da Coorte 1 mostrou sensível melhora. Em 1983 as ultrapassagens dos PQAr para partículas inaláveis perfizeram 13% e 15% respectivamente. Em 1987, apenas 3% e em 1988 não ocorreram ultrapassagens dos PQAr.

TABELA 8.11

Total de ultrapassagens dos PQAr para partículas inaláveis nos meses de exame das Coortes 1 e 2.

ANO MES		CENTRO				V.PARISI				V.NOVA						
		PQAr	At	Al	Em	%	PQAr	At	Al	Em	%	PQAr	At	Al	Em	%
<u>COORTE 1</u>																
1983	OUT	2	-	-	-	13%	11	4	-	-	48%	INEXISTENTE				
	NOV	4	-	-	-	15%	14	3	-	-	59%	INEXISTENTE				
1987	OUT	1	-	-	-	3%	6	-	-	-	21%	INATIVA				
	NOV	NENHUM					7	-	-	-	28%					
1988	OUT	NENHUM					7	-	-	-	23%	NENHUM				
	NOV	NENHUM					13	1	-	-	48%	NENHUM				
1989	OUT	SEM MEDIDA					10	-	-	-	32%	INATIVA				
	NOV	SEM MEDIDA					9	-	-	-	30%	INATIVA				
<u>COORTE 2</u>																
1985	JUN	6	-	-	-	20%	5	13	1	1	67%	16	-	-	-	53%
1987	AGO	NENHUM					14	7	1	-	71%	NENHUM				
1988	AGO	3	1	-	-	13%	8	5	1	-	74%	NENHUM				
1989	AGO	SEM MEDIDA					13	1	-	-	45%	INATIVA				

Fonte: CETESB^{48,49,50,51,52}.

A Vila Parisi entretanto, continua a apresentar os piores quadros de poluição, também por partículas inaláveis.

Em 1983, nos meses de outubro e novembro foram assinaladas 25 médias diárias (24 hs) acima dos PQAr e em 7 dias os níveis assinalados atingiram os níveis de atenção, num total médio de 53% de frequência de ultrapassagem dos PQAr, em relação ao total de dias amostrados. No ano de 1987 o período apresentou sensível melhora com 25% de frequência de ultrapassagem dos PQAr.

Em 1988 entretanto, ocorreu um importante incremento dos níveis de poluição, pois a frequência de ultrapassagem dos PQAr chegou a 36% dos dias medidos. Em contrapartida, o período de 1989 foi melhor com queda de 5% nas frequências de ultrapassagem dos PQAr, porém o número de superações dos PQAr durante o mês de outubro/89 assemelhou-se aos níveis assinalados em 1983, antes da implantação do programa de controle.

Uma tendência temporal diferente foi observada durante os períodos de reexame da Coorte 2 (época de inverno), na estação de Vila Nova ocorreram 16 ultrapassagens dos PQAr (média de 24 horas) em 1985, e nenhuma nos anos de 1987 e 1988. Não houve monitoramento em agosto/1989.

Na área abrangida pela estação Cubatão-Centro, foram registradas 6 ultrapassagens dos PQAr em 1985, e nenhuma em 1987. No ano de 1988 no entanto, foram registrados 3 episódios de superação dos PQAr, e 1 episódio chegou ao nível de atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para partículas inaláveis. Na Estação de Vila Nova, também na área central de Cubatão não houve monitoramento desse poluente durante o mês de agosto/1989.

Analisando-se a situação da Vila Parisi pode-se verificar uma crescente piora dos níveis de poluição registrados nesse mês do ano. Em termos quantitativos as frequências de ultrapassagem dos PQAr passaram de 67% em junho/1985 para 74% em agosto/1988, com relativa melhora em 1989 onde totalizaram 45% das amostras realizadas.

Do ponto de vista de gravidade dos episódios, os mais graves ocorreram em agosto/1985 onde foi registrado um nível de emergência (acima de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$). O segundo pior valor relativo ocorreu em 1988 (vide Tab. 8.11). Em 1989, apesar de terem sido registradas 13 ultrapassagens dos PQAr, ocorreu apenas 1 estado de atenção nesse mês.

Analizando-se por outro ângulo essa questão, verifica-se ao longo da série histórica das concentrações médias anuais, principalmente em relação à Vila Parisi, que apesar da redução dos picos de poluição por material particulado, a média geométrica anual não chegou ao ponto de atingir o padrão desejável. Ainda é alta a proporção de dias do ano em que as concentrações diárias médias (24 horas) superaram os padrões de qualidade do ar exigidos para esse poluente.

Por outro lado, analisando o comportamento das médias aritméticas nos meses específicos em que foram realizados os exames expirométricos das duas coortes estudadas, como mostram as Tabs. 8.12 e 8.13, podemos ver que as tendências temporais são diferentes.

TABELA 8.12

Médias aritméticas mensais, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e número de medidas válidas, de concentração de Material Particulado, na época de exame da Coorte 1.

ANO	MES	CENTRO		V.PARISI		V.NOVA	
		MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.
1983	OUTUBRO	119,4	467	170,7	624	INEXISTENTE	
	NOVEMBRO	122,5	455	149,2	629	INEXISTENTE	
1987	OUTUBRO	57,8	526	111,2	547	INATIVA	
	NOVEMBRO	66,9	544	131,4	541	INATIVA	
1988	OUTUBRO	58,5	598	130,2	592	42,1	316
	NOVEMBRO	66,4	668	163,6	550	38,0	415
1989	OUTUBRO	SEM MEDIDA		128,3	695	SEM MEDIDA	
	NOVEMBRO	SEM MEDIDA		129,1	658	SEM MEDIDA	

NOTA:1) Número de medidas possíveis: 744(OUT) e 720(NOV).

2) Média aritmética (método do monitor beta).

Fonte: CETESB-Concentr. hor. de mat. part. na Região da Grande São Paulo e Cubatão (Vol.1983/87/88/89).

Em relação à segunda Coorte, ou Grupo/85, houve ligeira melhora dos níveis de poluição por material particulado no reexame de 1987. Isso ocorreu

seja na área abrangida pela estação Centro, que registrou $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1985 e $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 1987 com redução de 34%, como na estação Vila Parisi, que assinalou $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em junho/85 e $212 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em agosto/87, com uma redução de 14%.

Em 1988 ocorreu um incremento nos níveis desse poluente, principalmente na área de Cubatão Centro, onde a média mensal ultrapassou em 3% os valores médios de 1985 e praticamente duplicou a média atingida no ano anterior. Também a estação de Vila Parisi registrou aumento dos níveis de MP nesse ano, com $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o que representa um incremento de 8% em relação a 1987.

No ano de 1989 todas as estações amostradoras apresentaram redução nas concentrações médias nos meses de exame de ambas coortes, chegando a aproximadamente 40% dos valores médios registrados no mesmo período em 1988.

Analizando-se a distribuição das concentrações ao longo das 24 horas do dia, pode-se verificar comportamentos ligeiramente distintos dos picos de concentração horária entre as estações Cubatão-Centro (residencial) e Vila Parisi (industrial), como mostra a Fig. 8.2.

TABELA 8.13

Médias aritméticas mensais de MP, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e número de medidas válidas, segundo época de realização de exames da Coorte 2.

ANO	MES	CENTRO		V.PARISI		V.NOVA	
		MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.
1985	JUNHO	104	710	248	714	183	710
1987	AGOSTO	69	651	212	706	INATIVA	
1988	AGOSTO	107	726	229	428	51	463
1989	AGOSTO	60	558	158	699	SEM MEDIDA	

NOTA: Número de medidas possíveis são 720 (JUN) e 744 (AGO).

Fonte: CETESB-Concentr. hor. de mat. part. na Região da Grande São Paulo e Cubatão(Vol. 1985/87/88/89).

Na área abrangida pela estação Cubatão-Centro, tanto nos meses de exame da Coorte 1 (outubro/novembro), como naqueles de exame da Coorte 2

(junho/agosto), os principais picos de concentrações de poluentes ocorreram entre 7 e 9 horas da manhã atingindo valores mais altos nesses horários, e posteriormente entre 19 e 21 horas, num patamar ligeiramente inferior ao primeiro.

FIGURA 8.2

Distribuição das concentrações de partículas em suspensão nas 24 horas do dia na área de Cubatão Centro (residencial), e Vila Parisi (industrial). Fonte: CETESB⁴².

Na região da Vila Parisi (área industrial) o comportamento das concentrações de particulado foi semelhante, apresentando 2 picos distintos no período de 24 horas. A duração de cada pico entretanto foi mais longa nessa área industrial. O registrado no período da manhã tinha início por volta de 6 horas e persistia até 9 horas, à exceção do mês de outubro de 1988 quando se iniciou por volta de 4 horas e persistiu até 8 horas da manhã.

O segundo pico, que apresentava valores mais altos que os da manhã, incidia entre 22 e 24 horas. Também no ano de 1988 o mês de outubro foi atípico, com a persistência de pico elevado entre 21 e 2 horas da madrugada.

A incidência de picos mais altos de poluição por material particulado no período noturno, especialmente na área da Vila Parisi (principal área emissora em termos quantitativos) é preocupante. Associados ao sistema de ventos predominantes nesse período do dia⁵, promovem carreamento dos poluentes emitidos e acumulados durante o dia na encosta da Serra do Mar por sobre toda a área residencial, atingindo inclusive áreas mais remotas como Jardim Casqueiro e Jardim Nova República^{5,47}.

Dióxido de Enxôfre

Os níveis de dióxido de enxôfre são monitorados na área desde 1982, e tem se mostrado relativamente baixos ao serem analisados em função das altas emissões, principalmente na Vila Parisi, decorrentes das grandes quantidades de combustível queimado.^{43,49,205}

Os altos níveis de sulfatos secundários encontrados nas partículas em suspensão analisados em estudo específico, são uma explicação plausível para esse fato, especialmente ao se considerar os altos níveis de umidade relativa do ar e de amônia encontrados na área.⁴³

Acredita-se também que os baixos níveis relativos de dióxido de enxôfre na área, comparados com os demais, devem-se à introdução de combustíveis de baixo teor de enxôfre nas caldeiras industriais, além da substituição gradativa de combustível fóssil por eletricidade a partir de 1982. (Lei Estadual nº 977 (1976) e Decreto nº 8.468 (1976), que regulamentam as ações de controle ambiental e as sanções para ações corretivas).

A Tab. 8.14 mostra o comportamento das médias anuais das concentrações de SO₂, em µg/m³, medidas pela rede automática da CETESB em Cubatão, por estação amostradora. Nas três estações verifica-se uma tendência de redução dos níveis de SO₂ no período de 1983 a 1989, com ligeiras flutuações no ano de 1987.

Todas as médias anuais registradas situaram-se abaixo dos níveis de qualidade do ar exigidos pela legislação vigente para esse tipo de poluente.

O comportamento das médias anuais não mostra diferenças significativas entre a estação Cubatão Centro e a de Vila Parisi. Os níveis de poluentes, refletidos nas médias anuais, são sistematicamente mais baixos na estação Vila Nova, explicados pela localização da estação, em local mais afastado do entorno industrial. Os valores assinalados provavelmente refletem as emissões de fontes móveis (veículos automotores) dado à proximidade com a Via Anchieta, e as emissões oriundas da área industrial, que atingem a residencial no período noturno com a mudança de direção dos ventos.

TABELA 8.14

Médias aritméticas anuais de dióxido de enxofre (SO_2), em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, medidas pela CETESB em Cubatão, por estação amostradora.

ESTAÇÃO	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Centro	47	36	31	23	27	10	11
Vila Nova	-	13	10	14	17	11	9
Vila Parisi	47	50	37	28	22	14	24

Fonte: CETESB^{50,51,52}.

O ano de 1987 mostrou ligeira elevação das médias registradas no núcleo residencial de Cubatão, com os valores mais altos em Cubatão Centro ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Vila Nova ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e média surpreendentemente mais baixa na área industrial de Vila Parisi ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Considerando os valores máximos diários registrados no período de 1983 a 1989, por estação amostradora, como mostra a Tab. 8.15, verificamos que em nenhuma delas foram registrados problemas de qualidade do ar devido a esse poluente. Tanto as concentrações médias anuais, como as médias aritméticas diárias (concentração média em 24 hs.) não ultrapassaram os padrões de qualidade do ar

fixados pela legislação estadual, ou seja, $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de média aritmética anual e $385 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentração média diária (24 horas).

Ao analisarmos o comportamento das concentrações horárias do dióxido de enxôfre em relação às épocas de realização dos exames espirométricos das crianças desse estudo, pôde-se verificar que durante o acompanhamento da Coorte 1 (época de verão) os comportamentos dos níveis de poluição por SO_2 diferiram muito de uma área para outra, como mostra a Tab. 8.16.

TABELA 8.15

Principais valores máximos diários de dióxido de enxôfre, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, segundo ano e estação amostradora.

ANO	CENTRO		VILA NOVA		VILA PARISI	
	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
1983	188	131	-	-	170	145
1984	116	114	74	66	232	198
1985	113	97	62	52	143	124
1986	81	76	136	68	212	134
1987	100	93	63	60	301	132
1988	63	54	74*	61*	90	77
1989	45	40	41	32	109	105

Fonte: CETESB^{50,51,52}. (*) Reinício de monitoramento em AGO/88.

Os piores resultados são encontrados na Vila Parisi. Verificando-se a evolução das médias aritméticas mensais desse poluente nos diferentes anos de seguimento, nota-se que do ano de 1983 para 1987 as concentrações médias mensais apresentaram uma queda, variando de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, isto é, apresentando uma melhoria de 85%. No ano de reexame seguinte (1988) ocorreu uma piora de 175% e as concentrações médias passaram de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Em

seguida aparece uma relativa melhora dos níveis de poluição (20%), passando a registrar $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 em outubro/89 e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em novembro/89. Nessa estação amostradora a proporção de medidas válidas^(*) ficou em torno de 73% do total possível, demonstrando assim uma grande homogeneidade na amostragem.

TABELA 8.16

Médias aritméticas mensais de SO_2 , em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e número de medidas válidas, nos períodos de exame da Coorte 1.

ANO	MES	CENTRO		V.PARISI		V.NOVA	
		MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.
1983	OUTUBRO	41	364	-	-	INEXISTENTE	
	NOVEMBRO	32	313	78	558	INEXISTENTE	
1987	OUTUBRO	20	404	16	443	11	440
	NOVEMBRO	24	486	8	521	13	468
1988	OUTUBRO	11	449	34	539	9	298
	NOVEMBRO	9	567	31	599	-	-
1989	OUTUBRO	24	195	26	557	14	259
	NOVEMBRO	15	384	25	550	11	252

NOTA: (*) Número de medidas possíveis são 744(OUT) e 720(NOV).

Fonte: CETESB - Concentrações horárias de SO_2 na Região da Grande São Paulo e Cubatão (Vol. 1983/1987/1988/1989) e CETESB⁴⁹.

Comportamento diverso foi assinalado na área de Cubatão-Centro. Como na Vila Parisi, os resultados vistos em 1987, quando comparados com 1983, apresentaram também uma melhora, de 67% no caso. No ano seguinte, as concentrações médias dos meses de outubro/novembro tiveram novo declínio chegando a níveis de 11 e $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; uma queda de 54%. Curiosamente no ano seguinte (1989) ocorreu um incremento de 95% nas médias mensais registradas. Esse resultado, entretanto, não permite conclusões muito precisas sobre o ocorrido, uma vez que apenas 39% das medições possíveis foram consideradas válidas (isto é,

dentre o total de horas passíveis de medição nos respectivos meses, somente uma proporção muito pequena foi diferente de zero ou mostrava registros nas planilhas. Também foram considerados inválidos os dias em que um mesmo valor de "concentração horária" repetiu-se pelas 24 horas).

Em relação à área abrangida pela estação Vila Nova a situação foi ainda mais difícil de ser interpretada. No ano de 1983 a estação ainda não existia. No período de outubro/novembro de 1987 as médias aritméticas mensais foram de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Em 1988 só foram encontradas medidas disponíveis para o mês de outubro, onde se verificou uma queda de 25%. No entanto, já em 1988 era pequeno o número de medidas válidas, totalizando 40% das possíveis, prejudicando a análise da situação de exposição ambiental da população daquela área. Em 1989 nota-se um incremento médio de 28% nas concentrações médias de SO_2 nos meses considerados. No entanto, qualquer análise mais detalhada do comportamento desse poluente fica praticamente inconclusiva face à exiguidade de medidas válidas (35%) em relação ao total de medidas possíveis.

Tomando-se a Tab. 8.17 que resume o comportamento dos níveis médios de SO_2 durante o seguimento da Coorte 2, pode-se observar uma tendência semelhante à descrita nos meses de exame da Coorte 1.

As maiores diferenças ficaram por conta das estações Cubatão-Centro e Vila Parisi. Contrariamente ao observado no período correspondente ao verão, os piores resultados não são observados apenas na Vila Parisi. A área central de Cubatão apresentou valores médios semelhantes àquela, sem diferenças significativas nos 3 primeiros anos de seguimento da Coorte 2.

Analisando primeiramente a evolução dos níveis de poluição por SO_2 na Vila Parisi, verifica-se que dos níveis de junho/85 para agosto/87 houve um decréscimo de 79%. No período seguinte, agosto/88, a estação assinalou um incremento de 54%, passando de $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O ano de 1989 mostra novo incremento, e as concentrações médias mensais chegaram a $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 85% a mais que no ano anterior.

Apesar das grandes diferenças percentuais, os níveis ainda estão muito abaixo dos padrões de qualidade do ar para esse poluente. As medidas válidas totalizaram mais de 85% das possíveis, à exceção do ano de 1988 onde apenas 42% delas foram válidas (*).

TABELA 8.17

Médias aritméticas mensais de SO_2 , em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e número de medidas válidas, nos períodos de exame da Coorte 2.

ANO	MES	CENTRO		V.PARISI		V.NOVA	
		MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.	MÉDIA	M.V.
1985	JUNHO	55	651	62	674	17	603
1987	AGOSTO	41	524	13	611	13	521
1988	AGOSTO	17	622	20	318	10	234
1989	AGOSTO	17	500	37	651	18	370

NOTA: 1) Número de medidas possíveis são 720(JUN) e 744(AGO).

Fonte: CETESB - Concentrações horárias de SO_2 na Região da Grande São Paulo e Cubatão (Vol. 1985/1987/1988/1989).

Na estação Cubatão-Centro as médias mensais caíram paulatinamente nos meses do período considerado (1985/1989). Em junho/85 a média mensal foi de $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, passando a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em agosto/87, com decréscimo de 25%. No ano de 1988 a média mensal baixou mais ainda, chegando a $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ com uma queda de 41%. A mesma média foi assinalada no ano de 1989, as medidas consideradas válidas totalizaram 78% das possíveis de serem realizadas, traduzindo uma boa consistência dos procedimentos de amostragem para essa região de Cubatão.

As concentrações médias mensais registradas na estação Vila Nova mostraram uma tendência decrescente no período de 1985 a 1988, passando de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em junho/85 para $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em agosto/87 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no mesmo mês em 1988. Entretanto, apenas 32% das medidas possíveis de serem realizadas foram consideradas válidas no mês de agosto/88. Um número tão reduzido de amostras pode induzir a erro na interpretação dos dados, subestimando a real situação da poluição ambiental por esse poluente nessa área.

Em 1989 foi verificado um incremento na média mensal de 80 pontos percentuais, passando de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Foram consideradas válidas 50% das amostras possíveis.

Observando-se a distribuição das concentrações horárias, registradas nas estações amostradoras da CETESB, nos meses de exame, ao longo das 24 horas do dia, nota-se também para esse poluente um comportamento diferente entre as macroáreas industrial e residencial.

A distribuição das concentrações horárias durante as 24 horas do dia tem características semelhantes na área industrial, tanto nos meses de inverno, quanto de verão. O maior pico de 24 horas ocorre na faixa compreendida entre 7 e 12 horas da manhã. Durante as demais horas do dia notam-se flutuações com diferenças não significantes a ponto de se caracterizarem outros picos de concentração (Fig. 8.3).

FIGURA 8.3

Distribuição das concentrações de SO₂ nas 24 horas do dia na área industrial (A) e residencial (B) de Cubatão. Fonte: CETESB⁴⁷.

Para a área residencial, entretanto, pode-se observar pela Fig. 8.3 a existência de 2 picos bastante nítidos. Um deles no horário das 9 às 11 horas da manhã, e o outro na faixa de 21 a 24 horas. Conjectura-se que esses picos de concentração de SO₂ sejam derivados de atividades domésticas (principalmente o

uso de gás de cozinha no preparo de refeições) e maior circulação de veículos nas horas de "rush", de vez que nas demais horas do dia os níveis de SO_2 são relativamente baixos.

Ozona

Como no contexto deste estudo não se pôde dispor de monitoramento contínuo específico de alguns oxidantes fotoquímicos, como: óxidos de nitrogênio, óxido nítrico, hidrocarbonetos, peroxiacilnitratos e aldeídos, de grande interesse pelos graves efeitos biológicos que advém de sua presença na atmosfera, torna-se necessário optar por uma forma indireta de avaliação.

Alguns estudos demonstraram que os efeitos produzidos pela exposição a várias combinações desses contaminantes atmosféricos e a ozona são muito parecidos aos observados na exposição a diferentes níveis de ozona apenas.^{6,9,18,20,54,59,64,69,85,90,186,222,293}

Por isso foram utilizados os resultados do monitoramento dos níveis de ozona em Cubatão para retratar a exposição devida aos oxidantes fotoquímicos naquela área.

Com os dados compilados das planilhas para as concentrações horárias da CETESB desse poluente secundário no período de 1983 a 1989. A contagem de dias e horas em que aconteceram as ultrapassagens dos "padrões de qualidade do ar" foi refeita manualmente. Pode-se resumir na Tab. 8.18 o número de dias por ano em que houve ultrapassagem dos PQAr exigidos pela legislação vigente.

Considerando que os níveis mínimos de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ou 82 ppb) não devem ser excedidos por mais de uma hora ao ano, a quantidade de episódios acima do padrão registrados no período indica uma tendência geral inequivocamente ascendente, além de mostrar um quadro crônico com níveis excessivamente altos e insalubres, apesar do plano de controle de emissões de poluentes (entre eles os precursores do ozona) instituído pela CETESB a partir de 1984^{63,205}.

Nota-se uma flutuação numérica na tendência geral de episódios no ano de 1984, quando comparados com o ano anterior. Apesar do número absoluto de episódios de ultrapassagem do padrão mínimo de qualidade do ar ter sido menor

em 1984 na estação Cubatão Centro o total de dias em que os níveis chegaram ao patamar de decretação do estado de atenção (mais de 102 ppb ou $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em média de uma hora) foi maior que no ano de 1983. Como o amostrador de ozona foi inativado na Vila Parisi em janeiro de 1984 e transferido para a estação Vila Nova, não poderemos inferir nada para essas duas áreas de abrangência no período entre 1983 e 1984.

TABELA 8.18

Distribuição dos dias (episódios) em que os níveis de ozona ultrapassaram os PQAr (1983-1989).

ANO	CENTRO			VILA NOVA			TOTAL ANUAL PQAr (%)	TOTAL ANUAL AT (%)	TOTAL ANUAL (%)
	PQAr	AT	TOTAL	PQAr	AT	TOTAL			
1983	16	6	22	13	5	18	29 73%	11 27%	40 100%
1984	11	9	20	7	9	16	18 50%	18 50%	36 100%
1985	18	7	25	7	1	8	25 76%	8 24%	33 100%
1986	30	5	35	8	3	11	38 83%	8 17%	46 100%
1987	31	8	39	10	5	15	41 73%	13 24%	54 100%
1988	24	21	45	20	28	48	44 47%	49 53%	93 100%
1989	11	6	17	8	3	11	19 68%	9 32%	28 100%

Fonte: CETESB. NOTA: PQAr(>160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) AT(>200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Entretanto, nos anos subsequentes pode-se observar nítida tendência ascendente, onde o número de dias em que ocorreu ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar praticamente triplicou no período de 1985 a 1988.

A queda acentuada registrada no ano de 1989 provavelmente é artificial, de vez que no segundo semestre se observam 112 dias com ausência de dados em 184 possíveis. Esses números podem indicar uma possibilidade de problemas com o equipamento de amostragem ou rotina de trabalho, de parte da CETESB, que levam à impossibilidade de usar esse indicador da qualidade ambiental para o ano de 1989, principalmente ao considerar que os reexames expirométricos das duas coortes ocorrem nos meses de agosto e fins de outubro e início de novembro.

A Tab. 8.19 mostra a distribuição do número de horas (considerando-se as medições realizadas nas 24 horas do dia), em que as concentrações de Ozona permaneceram acima dos PQAr (82 partes por bilhão ou $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), segundo o ano, mês de ocorrência e estação amostradora.

Em relação às estações amostradoras, pode-se observar pelas séries históricas dos episódios de ultrapassagem dos PQAr que a situação da área abrangida pela estação Cubatão Centro é relativamente pior que a área da estação Vila Nova. Geograficamente a estação Cubatão Centro situa-se mais próximo ao sopé da Serra do Mar e às indústrias ali instaladas, o que certamente contribui para o registro de uma maior persistência dos níveis de ozona acima dos padrões de qualidade do ar, quando comparado com a estação Vila Nova.

A micrometeorologia na área de abrangência daquela estação também deve ter contribuído para a distribuição dos episódios de forma mais homogênea durante os meses dos anos estudados, apesar de uma predominância de episódios nos meses de verão e outono. Nesses meses as condições meteorológicas mais favoráveis à formação de oxidantes, isto é, as temperaturas mais elevadas durante o dia, e maior duração da incidência solar e no outono as calmarias estão muito mais presentes.

Em 1988 entretanto, a estação Vila Nova registrou número atípico (64%) de episódios de ultrapassagem dos PQAr, seja em termos numéricos como de gravidade, com 50 ultrapassagens do PQAr mínimo e 28 do nível de Atenção(AT).

Uma hipótese explicativa disso, é a proximidade da área de abrangência da estação Vila Nova com a Refinaria "Presidente Bernardes", de onde é liberada a maior quantidade de precursores - hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio - responsáveis pela formação do "smog fotoquímico" e do ozona, sofrendo a ação da micrometeorologia local, isto é, mudança da direção dos ventos naquela

direção após as 15 hs, e carreamento da poluição "formada" durante o dia sobre a Vila Nova, Conjunto 31 de Março e Vila Natal à noite.

TABELA 8.19

Distribuição das horas (persistência) de ultrapassagem dos PQAr nas estações amostradoras de Cubatão.

		1983		1984		1985		1986		1987		1988		1989	
		CT	VP	CT	VN	CT	VN	CT	VN	CT	VN	CT	VN	CT	VN
JANEIRO	PQ	1	1	7	1	0	0	6	1	10	3	5	6	4	3
	AT	0	0	1	0	0	0	2	1	0	2	3	0	3	3
FEVEREIRO	PQ	10	13	0	0	11	6	2	0	7	3	0	0	0	5
	AT	5	6	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	1	0
MARÇO	PQ	4	7	0	0	2	2	0	0	5	4	1	1	2	1
	AT	5	3	0	0	1	0	0	0	1	1	5	0	0	4
ABRIL	PQ	0	4	9	0	2		2	0	5	1	4	0	0	3
	AT	0	1	13	0	1		0	0	2	4	0	0	0	0
MAIO	PQ	0	0	7	19	8	1	9	0	7	0	0	0	2	0
	AT	0	0	1	35	2	1	0	0	1	0	0	0	3	0
JUNHO	PQ	0	0	4	0	8	1	4	1	8	1	0	1	0	0
	AT	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0
JULHO	PQ	0	0	3	0	0	0	6	0		0	0	0	5	0
	AT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
AGOSTO	PQ	10	2	2	0	2	0	1	0	2	1	4	20	2	0
	AT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	0	0
SETEMBRO	PQ	1	0	2	0	0	0	6	0	0	0	4	13	1	0
	AT	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0
OUTUBRO	PQ	0	0	0	0	3	0	7	0	0	1	4	6	1	0
	AT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0
NOVEMBRO	PQ	4	0	0	0	0	0	6	0	3	0	1	1	0	0
	AT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0
DEZEMBRO	PQ	5	0	0	3	1	0	2	2	3	0	0	2	0	0
	AT	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0

Fonte: CETESB - Concentrações horárias de ozona na Grande São Paulo e Cubatão (Vols.1983/84/85/86/87/88/89).

NOTAS: 1) Em 1983 os dados são da estação V. Parisi, interrompidos em Janeiro de 1984, e reiniciados em Fevereiro na estação Vila Nova.

2) Em 1989 as concentrações horárias de ozona mostram 112 dias com medidas nulas, ou ausência de dados, de um total de 184 dias possíveis.

A Fig. 8.4 mostra a evolução das 1^{as} máximas horárias mensais de ozona registradas ao longo do período de 1983 a 1989 na região de Cubatão-Centro. Convém ressaltar que a elaboração manual da contagem de horas em que ocorreram ultrapassagens dos PQAr abrangendo as 24 horas do dia, auxiliou a uma melhor compreensão do quadro local.

FIGURA 8.4

Evolução das 1^{as}. máximas horárias mensais de ozona, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registradas no período de 1983 a 1989 em Cubatão-Centro. Fonte: CETESB, Concentrações horárias de ozona na região da Grande São Paulo e Cubatão (rede automática).

Nota-se que apesar de pequenas flutuações a maioria dos pontos situou-se acima de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PQAr) e os picos mensais mais elevados ocorreram no ano de 1988, onde superaram o nível de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ATENção) caracterizando episódios agudos de poluição do ar por ozona de maior gravidade.

Na Vila Nova (Fig. 8.5) o quadro retratado é semelhante, assinalando os maiores picos em 1988. Porém, na sequência temporal, é menor o número de

pontos que se situam na faixa compreendida entre os níveis de PQAr e ATenção, e acima desses (Fig. 8.4 e Fig. 8.5.).

FIGURA 8.5

Evolução das 1ªs. máximas horárias mensais de ozona, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registradas no período de 1983 a 1989 na Vila Nova. Fonte: CETESB, Concentrações horárias de ozona na região da Grande São Paulo e Cubatão (rede automática).

Também nesse caso as maiores concentrações ocorreram em 1988. Nesse contexto, a situação de exposição da população residente nessa região ao ozona assume aspectos de cronicidade, dado o grande número de episódios (dias) de superação dos PQAr e da persistência (horas) desses níveis de poluição indesejáveis, esses efeitos também são agudizados nas ocorrências sazonais de picos de concentração de maior gravidade, isto é, aqueles além de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ATenção).

Considerando agora as condições de ocorrência dos episódios nas épocas de realização dos exames espirométricos das duas coortes (Tabs. 8.20 e 8.21), para os dois primeiros períodos de exame 1983/1987 da Coorte 1, e

1985/1987 para a Coorte 2, as condições foram iguais, com 9 ultrapassagens dos PQAr e 3 episódios de atenção para os 2 grupos.

TABELA 8.20

Distribuição dos episódios de ultrapassagem dos PQAr por OZONA, nos meses de realização dos exames espirométricos da Coorte 1.

ANO	MES	NÍVEL	ESTAÇÃO AMOSTRADORA			TOTAL
			CENTRO	VILA PARISI	VILA NOVA	
1983	NOV	PQAr	9	0	INEXISTENTE	9
		ATenção	0	0		0
1987	OUT/NOV	PQAr	3	DESATIVADA	0	3
		ATenção	0		0	0
1988	OUT/NOV	PQAr	5	DESATIVADA	7	12
		ATenção	8		8	16
1989	OUT/NOV	PQAr	1	DESATIVADA	0	1
		ATenção	1		1	2

Nota: PQAr ($> 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$); ATenção ($> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

O amostrador de ozona da estação Vila Parisi foi desativado em fevereiro de 1984.

Fonte: CETESB - Concentrações horárias de ozona na região da Grande São Paulo e Cubatão (rede telemétrica) (Vols. 1983/1987/1988/1989).

Em ambos os grupos a área abrangida pela estação Cubatão Centro teve os piores níveis de ozona.

Também para as duas coortes, o ano de 1988 mostrou a maior frequência de episódios agudos de poluição por ozona. Na época de reexame da Coorte 1 (outubro e novembro), os registros mostram 12 ultrapassagens dos PQAr e 16 episódios em que as concentrações horárias superaram $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorrendo 8 episódios em cada uma das estações amostradoras.

TABELA 8.21

Distribuição dos episódios de ultrapassagem dos PQAr por OZONA, nos meses de realização dos exames espirométricos da Coorte 2.

ANO	MES	NÍVEL	ESTAÇÃO AMOSTRADORA		TOTAL
			CENTRO	VILA NOVA	
1985	JUNHO	PQAr	8	1	9
		ATenção	0	0	0
1987	AGOSTO	PQAr	2	1	3
		ATenção	0	0	0
1988	AGOSTO	PQAr	4	20	24
		ATenção	5	16	21
1989	AGOSTO	PQAr	2	0	2
		ATenção	0	0	0

Nota: PQAr ($> 160 \text{ ug/m}^3$); ATenção ($> 200 \text{ ug/m}^3$).

Fonte: CETESB - Concentrações horárias de ozona na região da Grande São Paulo e Cubatão (rede telemétrica) (Vols. 1985/1987/1988/1989).

Durante a época do reexame da Coorte 2 (Agosto), ocorreram 24 episódios de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar e 21 superaram os níveis de atenção. Em relação às áreas mais atingidas do Município, nesse mês a maior gravidade foi na região de abrangência da estação Vila Nova onde se verificaram 83% das ultrapassagens do PQAr e 76% de episódios que atingiram o nível Atenção em 1988. O mês de agosto registrou uma das piores condições ambientais devido à poluição de ozona de toda a série histórica, inferiores somente aos níveis atingidos na estação Vila Nova em maio de 1984 onde ocorreram 35 horas com níveis de Atenção.

Os registros referentes a 1989 indicam haver sido esse ano o de menor incidência de episódios de ultrapassagem dos PQAr. Porém, devido à ausência de dados em aproximadamente 68% das medidas possíveis registradas nas planilhas da CETESB, consideramos esse ano prejudicado na análise global.

Na análise da evolução das concentrações máximas de ozona (de 1 hora) registradas durante os meses de reexame espirométrico das coortes, como mostram as Tabs. 8.22 e 8.23, chamam a atenção os valores assinalados nos meses de exame da Coorte 2 (junho/agosto).

TABELA 8.22

Concentrações máximas de uma hora, de OZONA, (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos meses de exame da Coorte 1.

ANO	MÊS	CENTRO		VILA NOVA	
		1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
1983	OUTUBRO	114	102	106	102
	NOVEMBRO	173	169	153	96
1987	OUTUBRO	129	127	165	145
	NOVEMBRO	196	188	153	137
1988	OUTUBRO	400	396	402	396
	NOVEMBRO	416	410	163	112
1989	OUTUBRO	208	161	206	151
	NOVEMBRO	116	88	90	90

Nota: PQAr ($> 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$); ATenção ($> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

O amostrador de ozona da Vila Parisi foi transferido para a Vila Nova em fevereiro de 1984.

Fonte: CETESB-Concentr. hor. de ozona na Reg. da Grande São Paulo e Cubatão (rede telemétrica) (Vols. 1983/87/88/89).

Contrariamente ao esperado em função de um dos condicionantes à formação do ozona, ou seja, um maior tempo de insolação, as maiores concentrações máximas foram sistematicamente nos meses considerados de inverno (junho/agosto) no período de 1983 a 1988. Esse comportamento dos níveis de ozona foi verificado tanto no Centro, como na Vila Nova, provavelmente devido à maior incidência de inversões térmicas e calmarias nesse período do ano ^{5, 47, 245}.

Na descrição das variações da série temporal anual, também durante esses meses de exame os maiores picos de ozona foram registrados no ano de 1988.

Tanto no mês de agosto, como nos meses de outubro/novembro desse ano as concentrações máximas de uma hora atingiram níveis superiores a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ATenção).

TABELA 8.23

Concentrações máximas de uma hora, de OZONA, (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos meses de exame da Coorte 2.

ANO	MÊS	CENTRO		VILA NOVA	
		1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA	1ª MÁXIMA	2ª MÁXIMA
1985	JUNHO	190	182	163	153
1987	AGOSTO	175	163	173	157
1988	AGOSTO	422	400	441	427
1989	AGOSTO	171	161	157	120

Nota: PQAr ($> 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$); ATenção ($> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fonte: CETESB-Concentr. hor. de ozona na Reg. da Grande São Paulo e Cubatão (rede telemétrica) (Vols. 1985/87/88/89).

Esse ano foi considerado crítico em relação aos demais anos de seguimento das coortes. Os picos de ozona registrados nos meses de outubro/novembro são cerca de 3 vezes maiores em 1988 que em 1983, e nos meses de junho/agosto os valores assinalados em 1988 superam em 2 vezes os de 1985.

Os piores valores do ano de 1988 foram encontrados na estação de Vila Nova e chegaram a 441 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em agosto. A estação Cubatão-Centro marcou 422 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nesse mesmo mês. Como vimos anteriormente para a sequência temporal como um todo, também durante os meses de exame das coortes em 1989 foram registrados índices de ozona inferiores ao ano anterior. Durante agosto as 1ªs máximas chegaram a 171 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no Centro e 157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Vila Nova, e em outubro atingiram 208 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Cubatão-Centro e 206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Vila Nova. Este foi o único ano onde as 1ªs máximas registradas no período de exame das coortes foram superiores nos meses quentes (outubro/novembro).

Pela Fig. 8.6 pode-se visualizar como a concentração máxima horária de ozona evoluiu, considerando-se especificamente os anos de realização dos testes espirométricos das crianças.

Tanto a evolução temporal da estação amostradora de Cubatão-Centro, como de Vila Nova, indicam uma tendência ascendente no período de 1983 a 1988, e nesse último ano foram registrados os maiores picos de concentração horária de ozona de toda a série histórica de monitoramento desse poluente. Nos anos de 1983, 1985, 1987 e 1989 a estação Cubatão-Centro apresentou valores mais altos que a Vila Nova. No entanto, em 1988 apesar de ambas registrarem concentrações superiores a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a situação se inverte passando a estação Vila Nova a apresentar valores superiores à estação Centro, porém sem diferenças estatisticamente significantes.

FIGURA 8.6

Evolução das 1ªs máximas horárias mensais de ozona, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registradas nos anos de exame das Coortes 1 e 2.

Na etapa de levantamento de dados nas planilhas de concentrações horárias de ozona mantidas pela CETESB, pôde-se observar que sazonalmente as distribuições são ligeiramente distintas.

Nos meses quentes, quando a duração dos dias é maior, isto é, época de incidência solar mais longa, há persistência de concentrações horárias bastante altas após as 16 hs., notando-se valores de 85 a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por volta das 21 horas, quando esperar-se-iam níveis em torno de zero.

Apesar disso, episódios agudos não incidiram com maior frequência nesse período do ano, devido provavelmente às melhores condições de dispersão de poluentes, tais como um maior índice de pluviosidade e/ou movimentos mais acentuados das massas de ar que dissipariam a poluição.

Por outro lado, no início e no fim do inverno (junho e agosto) verificaram-se os maiores episódios agudos de poluição por ozona. As maiores concentrações horárias ocorrem mais frequentemente na faixa de 9 a 15 hs. Foram raros os dias onde os níveis de ozona persistiram além das 18 hs.

Entretanto, condições desfavoráveis à dispersão, a saber, menor pluviosidade e maior proporção de dias com inversão térmica associada a calmarias, certamente contribuem para que os episódios agudos de maior gravidade e persistência ocorram nessa época, como anteriormente mencionado.

8.2. Análise dos Receptores

O estudo do comportamento dos receptores, ou da população exposta, em relação à poluição atmosférica ambiental, compreende a análise de duas coortes, originárias dos dois estudos transversais anteriormente realizados, mantidas as respectivas sazonalidades.

Coorte 1 - Iniciada no verão de 1983, com reexames anuais em 1987, 1988 e 1989.

Coorte 2 - Iniciada no inverno de 1985, com reexames anuais em 1987, 1988 e 1989.

Somente numa primeira fase, em seu início, os dados observados para cada um dos grupos ou coortes se constituíram em estudos transversais.

Estudos Preliminares

Em 1983 existiam 11 EMEIs para atender a população pré-escolar do Município. Os grandes aglomerados urbanos como o Jardim Casqueiro, a Vila Nova, o Parque Fernando Jorge e a Vila Fabril (Cota 95), pela extensa área e densidade populacional, demandaram a criação de novas escolas.

Em 1985, Cubatão já contava com 5 novas EMEIs, totalizando 16 escolas. A EMEI "Estado de Alagoas" foi instalada na Cota 95, nesse bairro as crianças se distribuíam pelas EMEIs da Vila Elizabeth, Vila Couto e Cota 200. A região da Vila Nova recebeu a EMEI "Estado de Minas Gerais" para atender à população concentrada nas cercanias da Vila São José, também conhecida como Vila Socó.

A extensa região do Jardim Casqueiro, afastada da área de Cubatão Residencial, em direção a Santos, recebeu 3 novas EMEIs localizadas de forma estratégica. A EMEI "Ilha Caraguatá", no bairro do mesmo nome, apesar de estar em área de influência do Jardim Casqueiro, possui acesso algo difícil, pois é necessário o uso de transporte coletivo entre essas localidades, se a população quiser atingir a infra-estrutura de comércio, escolas e serviços na área central do "Casqueiro". A inauguração daquela EMEI facilitou enormemente o acesso das crianças à instrução pré-escolar. A EMEI da "Vila dos Pescadores", da mesma forma se localiza em núcleo habitacional de mesmo nome, e está situada próximo à pista ascendente (ou Norte) da Via Anchieta, defronte ao Jardim Casqueiro. Essa EMEI atende às crianças da "Vila", e foi necessária dada à grande expansão porque passou o núcleo original no período de 1980 a 1985. A terceira EMEI, a "Estado de Pernambuco", passava por reformas em 1983, sobrecarregando a EMEI "Almerinda Monteiro de Carvalho" única em condições de atender à população pré-escolar nesta época. A entrega da EMEI "Estado de Pernambuco" em 1985 permitiu a ampliação da oferta de vagas, abrangendo principalmente a área oeste do bairro.

A Tab. 8.24 descreve a distribuição das amostras iniciais dos dois grupos estudados, segundo Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) de origem e área de abrangência dessa escola (bairro).

Dados Antropométricos

Dada a necessidade do estabelecimento, de "padrões de normalidade" para os parâmetros ventilatórios e que esses padrões são estabelecidos a partir do estado de desenvolvimento somático, com dados precisos de estatura, peso e idade, além do sexo do indivíduo estudado, tais informações são apresentadas para os dois grupos em questão.

TABELA 8.24

Distribuição inicial das amostras de crianças nas EMEIs, segundo ano de realização do estudo transversal.

1983			1985		
EMEI	NÚM.	BAIRRO	EMEI	NÚM.	BAIRRO
Almerinda	79	J. Casqueiro	Almerinda	57	J. Casqueiro
Amazonas	32	V. Sta. Rosa	Alagoas	35	Fabril-Cota 95
Bahia	61	V. Parisi	Amazonas	39	V. Sta.Rosa
Ceará	67	V. Nova	Bahia	43	V. Parisi
Goiás	35	C.Hab.31/Marco	Ceará	42	V. Nova
M.Grosso	41	V. São Jose	Goiás	24	C.Hab.31/Março
Paraná	26	V. Couto	I. Caraguata	9	I. Caraguatá
R. Janeiro	17	V. Elizabeth	Mato Grosso	44	V. São José
R.JaneiroI	24	Cota 200	Minas Gerais	51	V. Nova
São Paulo	67	P. F. Jorge	Paraná	40	V. Couto
Sergipe	21	V. Natal	Pernambuco	46	J. Casqueiro
			R. Janeiro	23	V. Elizabeth
			R. Janeiro I	39	Cota 200
			São Paulo	65	P. F.Jorge
			Sergipe	42	V. Natal
			V.Pescadores	11	V.Pescadores
Total	470	(11 EMEIs)		610	(16 EMEIs)

A Tab. 8.25 mostra a distribuição das médias estaturais por EMEI, e pode-se verificar que a estatura distribuiu-se homogêneamente em torno da média de cada EMEI em particular.

As escolas situadas em núcleos habitacionais de menor nível sócio-econômico e distribuídas nas áreas mais periféricas do Município, apresentaram menores médias estaturais, como verificamos pela representação gráfica da Fig. 8.7. Por outro lado, aqueles bairros com melhores condições de vida, como Jardim Casqueiro e Vila Nova, estão no outro extremo da figura, indicando melhor desenvolvimento das crianças. As exceções no melhor grupo são as crianças da EMEI "Estado de Mato Grosso" (Vila Socó), cujas condições de habitação e nível sócio-econômico assemelham-se aos da Vila Natal e Cota 200³³. As crianças dessas duas últimas áreas foram classificadas no pior grupo.

TABELA 8.25

Distribuição da estatura (em cm), por EMEI de Cubatão em 1983 e 1985.^{97,98}

CÓDIGO	EMEI	MÉDIA	DESV. PADR.	RES.	EST. MÁX.	EST. MÍN.	NÚM. nº
20AC	Almerinda	117,3	5,4	5,3	131	104	136
21AL	Alagoas	112,4	3,5	3,7	120	106	35
22AM	Amazonas	118,1	5,6	5,3	130	99	71
23BA	Bahia	116,6	5,2	5,1	128	105	104
25IC	I.Caraguatá	113,8	5,8	5,9	121	104	9
26CE	Ceará	118,5	5,8	5,9	134	104	109
27GO	Goiás	117,3	5,8	8,8	130	104	59
29MT	M. Grosso	116,9	5,0	5,0	127	102	85
30MG	M. Gerais	117,8	4,7	4,8	126	107	51
31PR	Paraná	117,2	4,9	4,9	129	104	66
32PE	Pernambuco	116,9	5,9	6,2	129	106	46
35RJ	R.Janeiro	112,1	5,9	5,1	122	90	40
36RI	R.Janeiro I	114,6	4,4	4,4	125	105	63
38SP	Sao Paulo	116,8	5,0	5,0	127	104	132
39SE	Sergipe	114,6	5,0	5,0	127	103	63
40VP	V.Pescadores	113,1	3,4	3,0	120	107	11
Todo Grupo		116,5	5,4	5,4	134	90	1080
Teste de LEVENE - 15,1091		P=0,1644 (n.s.).					

As diferenças das médias estaturais entre EMEIs, entretanto, não foram estatisticamente significantes.

FIGURA 8.7

Representação gráfica da distribuição das médias estaturais de pré-escolares, por EMEI (bairro).

Com a introdução da variável SEXO, como se observa na Tab. 8.26 não houve diferença significativa na distribuição das médias de estatura ou de peso.

Isso reforça a idéia de que nessa faixa etária escolhida para se iniciar o estudo, isto é, 6 anos de idade, tanto as crianças do sexo masculino, quanto do feminino encontram-se numa mesma fase de desenvolvimento somático. Essa constatação auxilia na eliminação de possíveis fatores de confusão ao serem analisados os resultados espirométricos.^{26,27,29,66,76,108,140,145,155,171,207,234,239,260,277}

TABELA 8.26

Distribuição da estatura (cm), e do peso (kg), médios segundo sexo de crianças pré-escolares dos grupos de 1983 e 1985 de Cubatão.

ESTATURA				
SEXO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMA	MÍNIMA
Masculino	116,6	5,5	134	90
Feminino	116,4	5,4	131	99
Teste de:	LEVENE ¹⁷⁶ WELCH ²⁸	- -	F:0,08 F:0,64	P=0,77(n.s.) P=0,42(n.s.)

PESO				
SEXO	MÉDIO	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO	MÍNIMO
Masculino	21,4	3,3	38,7	13,5
Feminino	21,3	3,6	41,0	11,4
Teste de:	LEVENE ¹⁷⁶ WELCH ²⁸	- -	F:3,67 F:0,26	P=0,0464(n.s.) P=0,6109(n.s.)

Contudo, ao ser associada a variável ANO de realização do exame na análise do comportamento da variável ESTATURA, aparecem diferenças significativas entre os dois grupos, como mostra a Tab. 8.27.

TABELA 8.27

Distribuição da estatura (cm) de pré-escolares, por ano de realização do exame espirométrico.

ANO	Estatura Média	Desvio Padrão	Estatura Máxima	Estatura Mínima	Total Amostra
1983	117,7	5,3	132	104	470
1985	115,6	5,4	134	90	610
Entre No	GRUPO - 1166,43 GRUPO -31569,82	F=40,83	Levene ¹⁷⁶ Welch ²⁸	F= 0,02 F=41,09	P=0,8934 P=0,0001

A tendência aparentemente pior do Grupo de 1985 em relação ao Grupo de 1983 se explica ao considerarmos a época de realização dos exames. Os exames do Grupo/85 foram realizados no primeiro semestre letivo e os do Grupo/83 no segundo, ao final do ano, onde são encontradas maiores proporções de crianças que já completaram 7 anos de idade encontrando-se provavelmente num estágio mais adiantado de crescimento somático em vista das rápidas mudanças que se verificam nessa faixa etária^{26,97,134,155,233,234,239}.

Como já foi anteriormente mencionado os padrões de normalidade para os parâmetros espirométricos são obtidos em função da estatura e da idade das crianças, e diferenças de desenvolvimento somático entre grupos que se pretende comparar acabam se corrigindo não determinando influências significativas nos resultados espirométricos que forem obtidos.

A simples verificação das diferenças entre o padrão esperado (POLGAR²³³) que mostra a Tab. 8.28, para cada ano estudado, reforça essa afirmação. Os padrões preditivos para as variáveis espirométricas consideram como maior determinante de variação, a estatura do indivíduo.

Nota-se que para o Grupo de 1983 os padrões são algo superiores aos esperados para o Grupo/85. Entretanto, os valores espirométricos médios observados demonstram que o Grupo/83 teve um pior desempenho proporcional que o Grupo/85.

A Tab. 8.29 descreve o comportamento das variáveis espirométricas em relação aos respectivos padrões e testes estatísticos aplicados ao ser controlado o fator ANO de realização dos exames. Isso, em última instância, reflete o comportamento dos dois grupos de pré-escolares estudados.

Observando-se inicialmente os valores dos testes estatísticos para os padrões esperados de cada variável a partir das equações de POLGAR²³³, pode-se ver que ao controlarmos o fator ANO há diferenças entre os grupos.

Entretanto ao serem verificados os valores dos testes estatísticos das proporções de afastamento entre os resultados espirométricos observados (isto é, desempenho das crianças) os valores preditivos ou de referência (POLGAR²³³), a significância chegou a níveis de 1%. Isso nos diz que o desempenho ventilatório dos

dois grupos é diferente, e de certo devido a outros fatores que não apenas os constitucionais (idade, peso, estatura e sexo) das crianças examinadas.

TABELA 8.28

Distribuição das médias espirométricas observadas e respectivos padrões médios, segundo ano de realização do exame.

		1983	1985
CVF (ml)	Paciente	1.369	1.435
	Padrao	1.465	1.403
VEF1,0 (ml)	Paciente	1.159	1.254
	Padrão	1.321	1.256
VEF1,0% (%)	Paciente	84,4	87,5
	Padrão	90,0	89,5
VVM (ml)	Paciente	43.446	46.990
	Padrão	49.479	47.106
PEAK FLOW (l/s)	Paciente	2.528	2.614
	Padrão	3.191	3.017
FMF_{25-75%} (l/s)	Paciente	1.441	1.745
	Padrão	1.686	1.592
FMF_t(seg.)		1,6	1,3
TOTAL		470	610

Fonte: FISCHER⁹⁷ e HOFMEISTER¹³⁴.

Para reforçar o acima exposto, procedeu-se à decomposição das provas ventilatórias dos dois grupos estudados por EMEI. Também foi feita uma classificação dessas provas em NORMAIS E ALTERADAS como mostra a Tab. 8.30.

Provas funcionais normais são aquelas cujos valores atingiram 75% e mais, quando comparadas a valores-referência (POLGAR²³³), e alteradas, as cujos valores observados situaram-se abaixo dessa percentagem.

TABELA 8.29

Distribuição dos valores de testes estatísticos e respectivos níveis de significância verificados para cada variável espirométrica de pré-escolares de Cubatão (Grupos 83 e 85), controlado o fator ANO de exame.^{28,176}

VARIÁVEL		ESTATÍSTICA DE LEVENE F	SIGNIF.	ESTATÍSTICA COMPARATIVA UTILIZADA	F	SIGNIF.
CVF	(M)	0,47	n.s.	Fisher	17,49	**
CVF	(P)	0,75	n.s.	Fisher	30,78	**
CVF	(%)	67,00	**	Welch	15,55	**
VEF1,0	(M)	4,54	*	Welch	40,84	**
VEF1,0	(P)	1,68	n.s.	Fisher	41,92	**
VEF1,0	(%)	184,37	**	Welch	42,87	**
VEF1,0%	(M)	20,22	**	Welch	51,31	**
VEF1,0%	(P)	0,03	n.s.	Fisher	5,56	*
VEF1,0%	(%)	5,25	*	Welch	1,58	n.s.
VVM	(M)	4,28	*	Welch	40,20	**
VVM	(P)	1,07	n.s.	Fisher	40,62	**
VVM	(%)	180,97	**	Welch	41,99	**
"PF"	(M)	4,39	*	Welch	4,08	*
"PF"	(P)	0,17	n.s.	Fisher	36,51	**
"PF"	(%)	51,51	**	Welch	23,43	**
FME _{25-75%}	(M)	0,15	n.s.	Fisher	95,52	**
FME _{25-75%}	(P)	0,33	n.s.	Fisher	41,94	**
FME _{25-75%}	(%)	168,29	**	Welch	55,35	**
FME _t		95,48	**	Welch	26,00	**

Legenda: n.s. - não significativo.

* - significativo a nível de 5%.

** - significativo a nível de 1%.

(M)-medido

(P)-previsto

(%)-(M/P)*100

TABELA 8.30

Distribuição e classificação das provas funcionais ventilatórias de pré-escolares de Cubatão, segundo o ano de realização do teste.

	PROVAS FUNÇÃO PULMONAR					
	GRUPO 1983			GRUPO 1985		
	NORMAIS	ALTERADAS	SUBTOTAL	NORMAIS	ALTERADAS	SUBTOTAL
Almerinda	42 53%	37 43%	79 100%	23 40%	34 60%	57 100%
Alagoas	- -	- -	- -	17 49%	18 51%	35 100%
Amazonas	15 47%	17 53%	32 100%	25 64%	14 36%	39 100%
Bahia	25 41%	36 59%	61 100%	39 91%	4 9%	43 100%
Ceará	33 49%	34 51%	67 100%	21 50%	21 50%	42 100%
Goiás	18 51%	17 49%	35 100%	12 50%	12 50%	24 100%
I.Caraguatá	- -	- -	- -	9 100	0 0	9 100%
Mato Grosso	19 46%	22 54%	41 100%	24 55%	20 45%	44 100%
Minas Gerais	- -	- -	- -	40 78%	11 22%	51 100%
Paraná	11 42%	15 58%	26 100%	24 60%	16 40%	40 100%
Pernambuco	- -	- -	- -	30 65%	16 35%	46 100%
R. de Janeiro	4 25%	13 77%	17 100%	15 65%	8 35%	23 100%
R. de Janeiro I	5 21%	19 79%	24 100%	31 79%	8 21%	39 100%
São Paulo	31 46%	36 54%	67 100%	40 62%	25 38%	65 100%
Sergipe	6 29%	15 71%	21 100%	19 45%	23 55%	42 100%
V. Pescadores	- -	- -	- -	8 73%	3 27%	11 100%
TOTAL	209 45%	261 55%	470	377 62%	233 38%	610

Fonte: (97,98)

Legenda: NORMAIS - todos os parâmetros dentro dos limites de normalidade.

ALTERADOS - ao menos um dos parâmetros ventilatórios < 75% do valor de referência de POLGAR.

Considerando-se a distribuição da Tab. 8.30, por ANO de realização dos testes espirométricos, verifica-se que em 1983 havia predominância de provas funcionais alteradas (55,5%) e em 1985 maior proporção de provas normais (62%).

Os maiores valores anormais, isto é, provas funcionais com maior proporção de redução, ocorreram nas variáveis denominadas "Peak Flow" e FMF_{25-75%}. Isso caracteriza predominância de quadros pulmonares obstrutivos, de acordo com os resultados de diversos autores citados no Cap. 4.

As Figs. 8.8 e 8.9 mostram a distribuição das EMEIs em dendrogramas hierarquizando os valores médios medidos de "Peak Flow" e FMF_{25-75%}, respectivamente, com os diferentes "clusters" com $p < 0,05$.

FIGURA 8.8

Dendrograma da distribuição das EMEIs e ordenação em ordem crescente das médias de "Peak Flow".

As figuras agrupam as escolas com médias semelhantes, isto é, as que não apresentam diferenças significativas entre si, separando-as das em grupos homogêneos.

Pelo "ranking" das escolas para essas variáveis, podemos concluir que apesar do nível sócio-econômico da população da região ser aproximadamente semelhante, sobressaem-se em qualquer dos anos sempre as mesmas escolas. As piores colocadas no "ranking" para qualquer das duas variáveis são as EMEIs RJ (Vila Elizabeth), AL (Cota 95) e RJI (Cota 200), coincidentemente situadas no mesmo perímetro industrial, estando mais sujeitas à exposição a poluentes oxidantes oriundos da Refinaria de Petróleo e outras indústrias petroquímicas^{12,57,72,85}.

No grupo intermediário estão as EMEIs da área central e de Vila Nova, um tanto mais distantes da influência direta da área industrial. Poderão sofrer seus efeitos secundariamente, por ação da micrometeorologia local^{5,189,99,159,161,169,201,214,262}.

O grupo de melhor desempenho reúne as EMEIs do Jd. Casqueiro (Alm, PE, VP, ICA) bastante afastadas do polo industrial de Cubatão, e também a EMEI Bahia de Vila Parisi, cujos efeitos maiores são os decorrentes da exposição à poluição por material particulado e dióxido de enxofre^{65,72,77,83,214,252,264}. O primeiro grupo de escolas pode ser afetado pelo carreamento da poluição por ação dos ventos. Eventualmente sofre a influência da poluição oriunda de fontes fixas situadas em São Vicente e do terminal de petróleo de Alemoa (Mun. de Santos)^{14,16,69,91,113,114,141,163,205}.

FIGURA 8.9

Dendrograma da distribuição das EMEIs e classificação em ordem crescente de valores-médios de $FMF_{25-75\%}$.

De modo geral, esse estudo preliminar^{97,134} concluiu que a combinação dos diversos poluentes (MP , SO_2 , O_3 , NO_x , $HCNM$) com o deslocamento das plumas através do sistema local de vento do conglomerado industrial para a região

onde se encontram as EMEIs AL, PR, CE, RJ, RJI e MT, além de zonas específicas de calmaria, fizeram com que os piores valores espirométricos fossem assinalados nesses locais críticos.

Apesar da significativa melhoria verificada nos espirogramas ao serem comparados os 2 grupos (1983 e 1985) coincidir com a redução global dos níveis de poluição do ar com o início da implantação do programa de controle instituído pela CETESB, ainda persistiram pontos críticos com EMEIs que apresentaram alta proporção de provas funcionais alteradas. Desse estudo concluiu-se que a poluição do ar em Cubatão afetou o trato respiratório de pré-escolares clinicamente normais, de forma aguda ou sub-aguda diferentemente em relação à localização da EMEI que atendia essas crianças¹³⁴.

Formação das Coortes

O estudo preliminar de provas funcionais ventilatórias feito nos pré-escolares evidenciou que a área de Cubatão não pode ser analisada como um bloco, porém devem ser consideradas as regiões ou núcleos críticos segundo o tipo de poluente majoritariamente atuante ou a combinação deles. Surgiu daí a necessidade de reavaliação da real magnitude da ação sobre a saúde dos poluentes emitidos pelas principais fontes, além de conferir a eficácia da implantação progressiva do programa de controle da CETESB sobre a evolução das provas funcionais dessas crianças.

Em vista da redistribuição das crianças previamente amostradas, agora pelas escolas de Primeiro Grau da Rede de Ensino Estadual, Municipal ou Particular, foi realizado um novo agrupamento das amostras. As crianças encontradas no primeiro reexame (1987) frequentando alguma escola de Primeiro Grau no Município foram reagrupadas com base no endereço residencial em um dos 9 grupos estabelecidos segundo área geográfica de interesse para caracterização de exposição à poluição.

A Fig. 8.10 representa os principais agrupamentos realizados, conforme local de residência com a seguinte discriminação:

GRUPO 1 (JCA) - Jardim Casqueiro e Vila dos Pescadores.

GRUPO 2 (VNO) - Vila Nova e Vila São José.

GRUPO 3 (VNA) - Vila Natal, Morro do Pica Pau Amarelo e Conjunto 31 de Março.

GRUPO 4 (JNR) - Ilha Caraguatá e Jardim Nova República*.

GRUPO 5 (VPA) - Vila Parisi e Jardim São Marcos.

GRUPO 6 (CNT) - Centro, Vila Couto, Vila Elizabeth, Vila Santa Rosa.

GRUPO 7 (JIN) - Parque Fernando Jorge, Jardim Costa e Silva e Jardim das Indústrias.

GRUPO 8 (C95) - Vila Fabril, Cota 95, Usina Henry Bordem, Pilões e Água Fria.

GRUPO 9 (C200) - Cota 200 e Cota 400.

Nota: (*) Jardim Nova República agrupa-se a partir de 1987.

As crianças do estudo preliminar foram reagrupadas também sob essas novas bases. Assim ficou denominada Coorte 1 o grupo inicialmente examinado em 1983 (Verão) e Coorte 2 aquele estudado em 1985 (Inverno), mantida a respectiva sazonalidade.

Perdas

Estudos prospectivos de vários anos demandam também a avaliação da importância daqueles indivíduos que saíram (perdas) da amostra ao longo do período estudado, sobre a influência nos resultados dos que continuaram a integrar a coorte.

A Fig. 8.11 representa as perdas de crianças da amostra (grupos 83 e 85) durante o período de 1983 a 1989. Na sequência de círculos à esquerda da figura, estão representados o grupos amostrais remanescentes e nos quadrados as

respectivas perdas. Os círculos à direita na figura, representam as perdas proporcionais da amostra ao longo do tempo de seguimento das Coortes.

FIGURA 8.10

Distribuição espacial das áreas de reagrupamento das Coortes 1 e 2.

Originalmente a grupo de 1983 tinha 470 crianças, com 47% do sexo masculino e 53% do feminino. Ao longo do período de estudo esse grupo/83 perdeu num espaço de 6 anos 38% dos meninos e 28% das meninas, um total de 152 crianças.

A maior proporção de perdas de crianças do sexo masculino provavelmente tem associado além do processo de mudança da família para fora de

Cubatão, seu próprio engajamento em alguma forma de trabalho para auxiliar o orçamento doméstico, face estarem numa faixa etária mais elevada, o que contribuiria para evasão escolar. Entretanto, decorridos 6 anos do primeiro exame, ainda há 68% das crianças iniciais no grupo.

FIGURA 8.11

Representação gráfica da evolução do número de crianças das amostras das Coortes 1 e 2.

Já no Grupo de 1985, com 610 crianças, 51% eram meninos e 49% meninas, as perdas totalizaram 21% de meninos e 24% de meninas e somam 140

indivíduos da amostra inicial num período de 4 anos. No grupo a maior perda relativa foi de meninas, mas não difere significativamente dos meninos (vide Tabela 8.31).

As maiores perdas, em ambos os grupos, se deram na época de transição entre a pré-escola e o primeiro grau. Uma hipótese é que as famílias em geral migram preferencialmente após a conclusão de um ciclo de instrução dos filhos.

O total das perdas do Grupo/83 com 32% ao longo de 6 anos e o Grupo/85 com 23% em 4 anos, é bem inferior às referidas por autores que realizaram estudos prospectivos^{7,79,108,111,147,190,281}.

Essa percentagem de perda relativamente pequena vem fortalecer as conclusões sobre a evolução das provas funcionais ventilatórias daqueles que continuaram a integrar esse estudo, como será visto subsequentemente (vide Tabs. 8.31 e 8.32).

Ao final do reexame do ano de 1989 resolvemos testar a importância dos desempenhos iniciais daqueles que deixaram a pesquisa ao longo do período de estudo, no comportamento das variáveis espirométricas que seriam estudadas na sequência temporal (1983 a 1989).

A Tab. 8.31 mostra a comparação das médias de variáveis antropométricas e espirométricas entre crianças do Grupo/83 que deixaram o estudo (ou perdas) e as que chegaram até o reexame de 1989 (ou Coorte).

A Tab. 8.32, à semelhança da Tab. 8.31, mostra as mesmas comparações de médias para o Grupo/85.

O teste estatístico usado para essa análise foi o de Bonferroni, que faz comparações múltiplas das médias dos grupos, isto é, PERDAS/COORTE, e masculino/feminino.^{28,296}

Fixando-se a significância ao nível de 5% pode-se confirmar que não houve diferenças entre esses grupos (e sub-grupos) em relação às variáveis antropométricas, e principalmente, entre as espirométricas.

TABELA 8.31

Comparações de médias de variáveis antropométricas e espirométricas do Grupo/83.

GRUPO AMOSTRAL COORTE 1			MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO	MÍNIMO	F	NÍVEL SIGNIF.
ESTAT. (cm)	Masc.	P	118,2	4,7	128,0	106,0	0,83	n.s.
		C	118,0	5,5	132,0	104,0		
	Fem.	P	116,9	5,3	130,0	106,0	0,20	n.s.
		C	117,9	5,3	129,0	103,5		
PESO (kg)	Masc.	P	21,7	2,7	27,2	14,5	0,83	n.s.
		C	21,8	3,5	36,3	15,0		
	Fem.	P	21,2	2,6	31,0	16,3	0,12	n.s.
		C	21,9	3,7	41,0	15,0		
CVF (l)	Masc.	P	1,46	0,24	2,19	0,95	0,55	n.s.
		C	1,44	0,28	2,08	0,63		
	Fem.	P	1,32	0,25	2,04	0,69	0,09	n.s.
		C	1,26	0,24	1,96	0,68		
VEF _{1,0} (l)	Masc.	P	1,24	0,24	1,98	0,66	0,39	n.s.
		C	1,21	0,25	1,86	0,42		
	Fem.	P	1,09	0,24	1,75	0,51	0,36	n.s.
		C	1,12	0,25	1,74	0,37		
VEF _{1,0} (%)	Masc.	P	84,5	6,8	94,7	62,9	0,64	n.s.
		C	83,9	8,8	114,9	55,6		
	Fem.	P	86,2	7,7	96,9	51,0	0,14	n.s.
		C	84,4	8,0	96,9	53,8		
VVM (l)	Masc.	P	46,3	8,8	74,1	24,6	0,40	n.s.
		C	45,3	9,4	69,8	15,9		
	Fem.	P	40,9	9,1	65,6	19,2	0,36	n.s.
		C	42,1	9,4	65,1	13,9		
PFE (l/s)	Masc.	P	2,64	0,79	5,89	0,81	0,93	n.s.
		C	2,63	0,76	4,38	0,94		
	Fem.	P	2,38	0,77	3,89	0,89	0,64	n.s.
		C	2,43	0,81	4,28	0,81		
FME _{25-75%} (l/s)	Masc.	P	1,68	0,50	2,95	0,41	0,16	n.s.
		C	1,58	0,55	2,88	0,34		
	Fem.	P	1,72	0,55	3,12	0,61	1,00	n.s.
		C	1,53	0,54	2,94	0,29		

NOTA: O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%^{28,296}. Legenda: Perda (P); Coorte (C).

TABELA 8.32

Comparações de médias de variáveis antropométricas e espirométricas do Grupo/85.

GRUPO AMOSTRAL COORTE 2			MÉDIA	DESVIO PADR.	MÁXIMO	MÍNIMO	F	NÍVEL SIGNIF.
ESTAT. (cm)	Masc.	P	116,2	5,6	130,0	105,0	0,84	n.s.
		C	116,1	5,0	133,5	104,0		
	Fem.	P	115,3	5,4	131,0	103,5	0,60	n.s.
		C	115,6	5,4	130,0	100,0		
PESO (kg)	Masc.	P	20,8	2,7	32,7	16,1	0,12	n.s.
		C	21,6	3,5	37,0	13,7		
	Fem.	P	20,9	3,9	35,1	15,0	0,87	n.s.
		C	21,0	3,5	38,8	14,0		
CVF (l)	Masc.	P	1,48	0,27	2,16	0,79	0,39	n.s.
		C	1,51	0,25	2,20	0,61		
	Fem.	P	1,35	0,25	2,15	0,71	0,34	n.s.
		C	1,39	0,31	3,75	0,77		
VEF _{1,0} (l)	Masc.	P	1,30	0,25	1,86	0,67	0,52	n.s.
		C	1,32	0,21	1,88	0,48		
	Fem.	P	1,18	0,23	1,82	0,65	0,25	n.s.
		C	1,21	0,24	1,94	0,68		
VEF _{1,0} % (%)	Masc.	P	88,1	5,3	96,6	74,0	0,68	n.s.
		C	87,7	5,6	97,8	64,5		
	Fem.	P	86,8	5,9	96,7	69,8	0,32	n.s.
		C	87,7	7,7	97,4	48,5		
VVM (l)	Masc.	P	48,9	9,2	69,6	25,0	0,53	n.s.
		C	49,6	8,0	70,5	18,0		
	Fem.	P	44,1	8,6	68,2	24,2	0,25	n.s.
		C	45,4	9,0	72,6	25,5		
PFE (l/s)	Masc.	P	2,74	0,74	4,78	1,27	0,83	n.s.
		C	2,76	0,74	6,03	1,26		
	Fem.	P	2,48	0,75	5,43	1,09	0,28	n.s.
		C	2,59	0,72	4,80	0,92		
FME _{25-75%} (l/s)	Masc.	P	1,90	0,52	3,31	0,66	0,52	n.s.
		C	1,95	0,55	4,01	0,78		
	Fem.	P	1,72	0,55	3,12	0,61	0,19	n.s.
		C	1,82	0,55	3,58	0,39		

NOTA: O teste usado foi o de Bonferroni para comparação múltipla de médias ao nível de 5%^{28,296}. Legenda: Perda (P); Coorte (C).

Isto nos diz que as perdas de crianças dos grupos ao longo do estudo, felizmente não modificou o comportamento dos resultados da amostra remanescente, indicando procedimentos de amostragem bem efetuados.^{108,242}

Evolução dos Dados Antropométricos das Coortes 1 e 2

Apesar de não se tratar de objetivo específico deste trabalho, foi feita uma análise da evolução dos dados antropométricos das 2 coortes em questão. A faixa etária em que se desenvolveu o estudo, infância e adolescência, caracteriza-se pelos rápidos câmbios somáticos, notadamente a estatura. Considerando-se a estreita associação entre o desenvolvimento físico e as variáveis espirométricas²³⁴, poder-se-ia incorrer em erro na interpretação dos resultados espirométricos caso alguma das áreas de agrupamento apresentassem um desenvolvimento antropométrico discrepante das demais.

As Tabs. 8.33 e 8.34 apresentam respectivamente a evolução da distribuição da estatura média segundo sexo, em todas as áreas das Coortes 1 e 2.

A distribuição no ponto inicial do estudo de Coorte (1983) mostra que áreas de menor nível sócio-econômico, como Cota 200, Vila Elizabeth e Cota 95, apresentam as menores médias de estatura, tanto entre as crianças do sexo masculino, como do feminino. Essa distribuição era esperada, em função de resultados obtidos nos estudos preliminares quando as crianças foram agrupadas por EMEI que frequentavam^{33,97,134}.

Os resultados antropométricos analisados considerando-se o reagrupamento da amostra por endereço residencial, e não mais pela EMEI de origem, mostram comportamento semelhante aos estudos preliminares, confirmando a pertinência da metodologia utilizada para fazer tal reagrupamento.

Começando-se a análise do comportamento das estaturas médias pela Coorte 1, chamam a atenção inicialmente, os maiores valores médios encontrados nas meninas. Elas mantiveram essas diferenças em relação aos meninos, ao longo dos 4 pontos de exame^{29,31,234,239,277}.

TABELA 8.33

Evolução da distribuição da estatura média (em cm) - para ambos sexos da Coorte 1, segundo área de Cubatão¹⁷⁶.

LOCAL	SEXO	1983		1987		1988		1989	
		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM	
1	JCA	Masc.	118,6 0,8	138,3 0,9	146,2 1,6	152,3 1,7			
		Fem.	117,6 0,8	141,7 1,2	149,1 1,1	155,2 1,0			
2	VNO	Masc.	118,6 0,7	138,1 1,0	144,8 1,1	151,7 1,2			
		Fem.	118,9 0,6	140,5 1,0	148,1 0,9	155,2 0,9			
3	VNA	Masc.	117,5 1,3	137,0 1,4	142,6 1,7	149,1 2,1			
		Fem.	113,9 1,1	137,5 1,9	144,1 1,7	151,8 1,6			
4	JNR	Masc.	* *	138,0 2,8	140,1 2,3	148,2 2,3			
		Fem.	* *	140,8 2,7	146,8 2,0	153,4 1,5			
5	VPA	Masc.	117,7 0,9	136,1 1,5	** **	** **			
		Fem.	117,8 1,0	139,4 1,9	** **	** **			
6	CNT	Masc.	115,5 1,0	137,0 1,8	142,1 2,6	148,5 3,4			
		Fem.	116,8 1,1	142,7 1,9	147,8 1,8	152,9 2,0			
7	JIN	Masc.	118,1 0,9	138,4 1,2	144,8 1,0	151,1 1,2			
		Fem.	117,7 0,8	142,9 1,4	150,2 1,3	155,1 1,2			
8	C95	Masc.	118,5 6,5	137,0 5,0	- -	- -			
		Fem.	117,5 5,5	135,8 2,2	149,4 1,9	155,7 1,6			
9	C200	Masc.	116,3 1,9	137,5 2,2	144,3 3,1	149,4 5,9			
		Fem.	114,6 0,8	137,2 2,0	144,4 1,8	151,7 1,8			
COORTE 1			117,7 0,2	139,3 0,4	146,2 0,4	152,7 0,4			

LEVENE:LOCAL

F 2,89

F 1,28

F 3,08

F 2,12

(p<0,05)

(n.s.)

(p<0,001)

(p<0,05)

SEXO

F 0,88

F 5,66

F 1,18

F 1,81

(n.s.)

(p<0,05)

(n.s.)

(n.s.)

NOTAS: (*) - Não havia indivíduos amostrados vivendo nesses bairros.

(**) - Os moradores de Vila Parisi foram transferidos para o Jardim Nova República.

TABELA 8.34

Evolução da distribuição da estatura média para ambos sexos da Coorte 2, por área de Cubatão¹⁷⁶.

LOCAL	SEXO	1985		1987		1988		1989	
		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM		MÉDIA EPM	
1	JCA	Masc.	116,2 0,7	129,8 0,9		136,5 0,9		141,8 0,9	
		Fem.	116,2 0,8	129,6 1,0		135,6 1,1		140,9 1,2	
2	VNO	Masc.	117,3 0,5	130,5 0,6		135,7 0,6		141,1 0,7	
		Fem.	116,6 0,6	129,5 0,7		135,5 0,8		142,4 0,9	
3	VNA	Masc.	114,9 1,0	128,8 1,2		133,8 1,2		138,9 1,3	
		Fem.	112,1 0,9	124,7 1,1		131,0 1,5		136,0 1,4	
4	JNR	Masc.	114,0 2,5	126,6 2,1		132,0 1,3		138,6 1,2	
		Fem.	114,0 1,5	125,5 1,2		131,9 1,2		140,2 1,5	
5	VPA	Masc.	115,4 0,9	127,7 1,3		** **		** **	
		Fem.	113,7 0,9	125,3 1,9		** **		** **	
6	CNT	Masc.	115,9 0,8	126,8 1,1		132,1 1,3		138,4 1,4	
		Fem.	116,1 1,2	127,9 1,3		134,1 1,1		142,2 1,3	
7	JIN	Masc.	116,4 0,9	128,6 1,0		134,0 1,1		139,4 1,1	
		Fem.	115,7 0,8	128,9 1,3		136,6 1,4		143,7 1,5	
8	C95	Masc.	112,3 0,9	124,2 0,8		129,8 0,8		135,9 1,0	
		Fem.	113,4 0,9	124,7 0,8		131,0 0,9		136,3 1,2	
9	C200	Masc.	113,1 0,8	127,1 1,1		132,9 1,1		137,8 1,3	
		Fem.	114,6 1,2	128,4 1,6		134,4 1,6		139,3 1,6	
COORTE 2			117,7 0,2	139,3 0,4		146,2 0,4		152,7 0,4	

LEVENE:LOCAL

F 5,12
(p<0,001)F 6,52
(0,001)F 3,39
(p<0,001)F 3,37
(p<0,001)

SEXO

F 0,36
(n.s.)F 1,00
(n.s.)F 1,16
(n.s.)F 1,31
(n.s.)

NOTAS: (**) - Os moradores de Vila Parisi foram transferidos para o Jardim Nova República.

Parece que o estirão, entre os 6 e 10 anos de idade, ocorreu mais acentuadamente nas meninas e foi responsável pela manutenção das diferenças observadas até o ano de 1989.

As diferenças médias nos reexames anuais subsequentes evoluíram em ritmo aparentemente constante entre os dois sexos, com incremento médio anual de 6,5cm.

Em relação a essa Coorte 1 a única evolução diferente das demais ocorreu com as meninas da área 6 (Centro e Vila Elizabeth), as quais cresceram 26,9cm no período de 1983 e 1987, enquanto que os demais sub-grupos apresentaram um crescimento médio de 21,6cm.

Os testes estatísticos realizados não mostraram diferenças significativas na evolução das médias dos 9 sub-grupos ao longo do período de estudo (1983-1989). As diferenças mais significativas ($p < 0,05$) entre as áreas ou sub-grupos estudados ocorreram nos anos de 1983 e 1988. Considerando-se a variável SEXO a única diferença significativa entre médias estaturais deveu-se ao grupo de meninas da área 6 (Centro), como foi mencionado acima.

O comportamento da evolução das estaturas médias dos 9 agrupamentos da Coorte 2 (1985) foi distinto do observado na Coorte 1.

Na Coorte 2 não foram verificadas diferenças significativas entre meninos e meninas, pelo menos até os 10 anos de idade. Conjectura-se que é na pré-adolescência (11-13 anos) que as meninas entrarão no estirão característico à semelhança do observado na Coorte 1. O incremento médio anual foi de 6,1cm, com ligeira vantagem de 1,3cm para as meninas, porém sem ser estatisticamente significante.

As mais significativas diferenças ($p < 0,001$) foram relativas às áreas de Cubatão. À semelhança da Coorte 1, também na Coorte 2 os locais com menores médias foram a Cota 95 (área 8), Cota 200 (área 9), Ilha Caraguatá (área 4) e Centro/Vila Elizabeth (área 6), isto é, aqueles agrupamentos que congregam amostras de nível socio-econômico mais baixo³³.

Apesar disso, todas as áreas apresentaram incrementos médios anuais semelhantes, mantidas as diferenças acima mencionadas.

Comparando-se ambas as coortes no momento correspondente aos 10 anos de idade das crianças, pode-se verificar que o crescimento acumulado entre os 6 e 10 anos foi maior na Coorte 2, embora tenha sido sistematicamente examinada com 4 meses de antecedência em relação à Coorte 1. O crescimento médio acumulado da Coorte 1 foi de 21,6cm, já a Coorte 2 mostrou um incremento médio de 24,6cm. Não se pode prever como será o desenvolvimento da Coorte 2 nos mesmos momentos da Coorte 1, mas aparentemente a Coorte 2, por razões que se desconhece, parece desenvolver-se em melhores condições que a outra.

Considerando-se que as diferenças das médias das variáveis antropométricas foram relativamente pequenas, tanto entre os grupos (ou áreas de Cubatão), como entre as Coortes 1 e 2, verifica-se que a equação de predição de POLGAR²³³, utilizada para o estabelecimento dos valores-referência das variáveis espirométricas, é perfeitamente adequada ao estudo dessa população-alvo.

Análise das Variáveis Espirométricas

Evolução temporal das Coortes 1 e 2

A primeira aproximação para a compreensão do comportamento dos grupos amostrais em relação à exposição a poluentes atmosféricos é a análise da evolução das provas funcionais ventilatórias no tempo.

Iniciamos a análise da evolução das variáveis espirométricas estudando tão somente medidas diretas, isto é, a capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado em 1 segundo ($VEF_{1,0}$), o "Peak-Flow" (PFE) e o fluxo expiratório forçado referente aos 2/4 médios da CVF ($FMF_{25-75\%}$).

Considerando que na evolução temporal das variáveis espirométricas, na faixa etária estudada, ocorrem sensíveis variações antropométricas¹⁷¹, toda a análise doravante será baseada no afastamento percentual dos valores espirométricos observados em relação aos referenciais de POLGAR²³³ para cada um dos parâmetros ventilatórios.^{10,68,93,167,207,260}

A Coorte 1, examinada inicialmente em 1983 no período de primavera/verão, mostrou resultados percentuais médios abaixo dos estabelecidos pelo modelo de POLGAR²³³ nas quatro variáveis espirométricas analisadas.

A Tab. 8.35 mostra a evolução das suas médias e respectivos percentuais médios de afastamento dos valores-referência durante o período de 1983 a 1989.^{67,121,242}

TABELA 8.35

Médias espirométricas e proporção em relação aos valores-referência da Coorte 1 (1983-89).

		1983		1987		1988		1989	
		MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.
CVF	OBSERVADO(L)	1,45	1,31	2,27	2,23	2,42	2,47	2,70	2,81
	% DO PADRÃO	95,0	92,8	97,8	97,4	92,7	93,4	91,7	95,0
VEF _{1,0}	OBSERVADO(L)	1,22	1,11	1,97	1,98	2,11	2,22	2,38	2,55
	% DO PADRÃO	91,7	85,1	95,7	91,2	90,4	89,1	89,9	90,9
PF	OBSERVADO(L/S)	2,63	2,41	3,93	4,14	4,04	4,40	5,04	5,56
	% DO PADRÃO	82,3	76,9	79,1	79,4	73,1	75,5	82,4	87,0
FME _{25-75%}	OBSERVADO(L/S)	1,62	1,53	2,61	2,81	2,60	3,09	2,95	3,55
	% DO PADRÃO	95,6	92,1	101,6	104,4	91,5	103,1	94,2	108,3
TOTAL		220	250	171	211	149	188	140	180

As variáveis volumétricas (CVF e VEF_{1,0}) estiveram dentro dos limites da normalidade (acima de 75% do padrão) durante todo o período de estudo, mostrando apenas pequenas variações percentuais entre os reexames. Entre os anos de 1983 e 1987 ambas as variáveis volumétricas mostraram incremento nos valores percentuais, aparentando uma relativa melhora funcional. Nos dois anos subsequentes (1988 e 1989) a tendência apresentada foi de progressivo declínio com uma maior acentuação da queda em 1988, onde o decréscimo foi de 5%, tanto para o CVF como para o VEF_{1,0}. Entre os pontos subsequentes, compreendendo 1988 a 1989, o declínio foi menos acentuado atingindo apenas 1,5%. As maiores perdas

proporcionais nas variáveis volumétricas ocorreram entre os meninos, para o que não se dispõe nesse caso de explicação plausível^{234,277,298}.

As variáveis expirométricas de fluxo (PFE e FMF_{25-75%}) apresentaram as maiores oscilações. A tendência geral observada do "Peak-Flow" foi de queda progressiva, acentuada em 1988, quando foram registrados valores 6% inferiores aos do ano precedente para os meninos e 4% para as meninas. Nesse ano os valores médios percentuais chegaram a níveis considerados abaixo da normalidade, tendo sido registradas médias de 73% de afastamento dos valores-referência para os meninos. As meninas mantiveram-se muito próximas aos valores-limite de normalidade, com 75,5%. Em 1989 foi constatada relativa recuperação dos valores percentuais médios, com melhoras em ambos os sexos.

Das variáveis espirométricas, o "Peak-Flow" mostrou-se o mais sensível a variações ao longo do estudo temporal da Coorte 1, com as maiores flutuações percentuais médias entre os pontos estudados.

Em relação à outra variável de fluxo, o FMF_{25-75%}, o comportamento difere entre os dois sexos. Apesar da oscilação, com melhora entre 1983 e 1987, queda em 1988 e relativa recuperação em 1989, observada para ambos os sexos, as meninas mostraram notável incremento superando inclusive os valores-referência durante o período estudado²⁷⁷.

Em relação à Coorte 2, apesar de haver sido examinada sempre no período de inverno, os valores percentuais médios no início do seguimento prospectivo foram superiores aos verificados no ponto de partida da Coorte 1 (examinada durante o verão). Isso nos leva a supor que no ponto inicial de seguimento a Coorte 2 apresentava uma melhor função pulmonar que a Coorte 1, ou o desempenho desta foi subestimado em relação àquela.

Pela Tab. 8.36 pode-se verificar o comportamento das médias espirométricas e respectivos percentuais relativos aos valores-referência estabelecidos por POLGAR²³³.

Os parâmetros espirométricos de volume (CVF e VEF_{1,0}) apesar de mostrarem pequenas variações porcentuais ao longo dos quatro anos de seguimento, evidenciam nítida tendência decrescente nas crianças de ambos os sexos. O decremento mais acentuado foi registrado no ano de 1988, a exemplo do ocorrido

na Coorte 1. Nesta foi observada uma relativa recuperação no ano de 1989, fato que não ocorreu na Coorte 2, onde os valores médios percentuais sofreram contínuo decréscimo, porém de menores proporções. Pode-se atribuir a esse comportamento o efeito da temperatura ambiental mais baixa na Coorte 2, combinando efeitos ambientais de forma sinérgica.^{177,193}

TABELA 8.36

Médias espirométricas e proporção em relação aos valores-referência da Coorte 2 (1985-89).

	1985		1987		1988		1989	
	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.	MASC.	FEM.
OBSERVADO(L)	1,51	1,38	1,97	1,77	2,05	1,88	2,11	2,25
CVF % DO PADRÃO	103,5	102,6	101,9	99,1	94,8	91,9	94,3	91,7
OBSERVADO(L)	1,32	1,20	1,73	1,58	1,80	1,69	1,96	1,90
VEF _{1,0} % DO PADRÃO	104,6	96,5	101,7	94,8	94,6	88,4	92,5	87,6
OBSERVADO(L/S)	2,76	2,56	3,23	3,11	3,41	3,31	3,90	3,85
PF % DO PADRÃO	91,8	86,3	77,7	76,3	73,2	70,9	76,4	74,1
OBSERVADO(L/S)	1,94	1,80	2,31	2,34	2,37	2,42	2,41	2,62
FME _{25-75%} % DO PADRÃO	122,3	114,4	106,7	110,4	98,4	100,7	91,5	97,9
TOTAL	314	296	273	264	259	241	251	233

Também na Coorte 2 foram registradas as maiores quedas percentuais nas variáveis ditas de fluxo (PFE e FME_{25-75%}), como se observou na Coorte 1, e da mesma forma os valores assumidos pelo "Peak-Flow" foram preocupantes. Este foi o único parâmetro ventilatório da Coorte 2 situado abaixo dos valores-referência já no primeiro exame (em 1985).

No segundo exame, em 1987, os valores percentuais médios beiravam os limites inferiores da normalidade (75% do padrão), registrando um decremento médio em relação ao exame anterior de 14% nos meninos e de 10% nas meninas. A exemplo do ocorrido na Coorte 1, em 1988 os valores percentuais médios atingiram patamares ainda mais baixos, chegando a 73% e 71% dos respectivos padrões de normalidade para meninos e meninas, com um decremento médio acumulado de 19% nos meninos e 15% nas meninas. No ano subsequente (1989) também nesse grupo foi registrada relativa recuperação, atingindo porém apenas 3% aproximadamente em ambos os sexos.

Comportamento diverso do registrado na Coorte 1 foi observado na variável $FMF_{25-75\%}$. Enquanto na Coorte 1 o comportamento observado é irregular, alternando melhoras e pioras ao longo do período estudado, na Coorte 2 a tendência nítida é de progressiva piora, passando de 122% nos meninos e 114% nas meninas no ponto inicial do estudo prospectivo, para 92% e 98% respectivamente ao final do período em 1989.

Analisando-se agora conjuntamente as Coortes 1 e 2 em relação ao comportamento geral das médias de variáveis espirométricas "per se" entre os dois sexos, verifica-se que nas variáveis ditas de volume (CVF e $VEF_{1,0}$) os meninos mostraram melhores desempenhos que as meninas. Isso corrobora a afirmativa de alguns autores^{237,244} que salientam diferenças médias de 5% a 10% em favor dos meninos, numa mesma faixa de estatura. Após ajustes para outras variáveis intervinientes, tais como idade e fator racial, as variáveis espirométricas de volume nesse grupo amostral também tiveram a mesma distribuição. Os mesmos autores^{237,244} ainda citam que as medidas de fluxo (PFE e $FMF_{25-75\%}$) são mais elevadas nas meninas, quando comparadas com os meninos numa mesma faixa de idade e estatura. Sugerem que isso se deve a peculiaridades no crescimento até o período pré-puberal, com as meninas apresentando vias aéreas condutoras com maior calibre relativo (ou maior diâmetro interno) que os meninos.

Após a puberdade os meninos superam os desempenhos das meninas, notadamente no "Peak-Flow", por ação mais eficiente da força dos músculos intercostais e do diafragma durante a manobra expiratória^{234,277}.

Os achados desse estudo são consistentes com essa teoria para a variável PFE , porém tal não ocorre com relação ao $FMF_{25-75\%}$ onde os melhores

resultados são das meninas. As grandes flutuações ocorridas nos valores médios do "Peak-Flow" em relação aos valores-referência indicam a existência de outros fatores intervenientes e não apenas evoluções devidas ao desenvolvimento e crescimento somático das amostras estudadas.

Iniciou-se então a busca de outros possíveis fatores influenciando o comportamento observado nas médias dos parâmetros espirométricos e na proporção de afastamento dos valores-preditivos exibidos nas Tabs. 8.35 e 8.36.

Salientamos de imediato a discrepância dos valores da Coorte 1, em 1983, em relação à evolução temporal posterior e o comportamento observado no início da Coorte 2.

Verifica-se que os resultados de todas as variáveis espirométricas estudadas na Coorte 1, em 1983, estão muito abaixo daqueles registrados no primeiro exame da Coorte 2, em 1985. Na Coorte 2 esperavam-se resultados piores, uma vez que os exames ocorreram no inverno - época em que as condições de poluição ambiental se encontram agravadas, como foi descrito em capítulo anterior.

A evolução das médias e respectivas porcentagens dos valores-referência na Coorte 1 mostra uma acentuada melhora no segundo ponto de exame (1987) com incrementos da ordem de 10-14%. Isso não ocorreu na Coorte 2 onde persistiu a tendência de declínio nos valores médios percentuais de afastamento do predito.

Nos reexames anuais subsequentes, ocorridos em 1988 e 1989, ambas as Coortes 1 e 2 apresentaram comportamentos evolutivos semelhantes, ou sejam, acentuado declínio em 1988 e relativa recuperação em 1989.

O ponto de 1983, considerado discrepante na Coorte 1, teria uma explicação ao menos em parte pela melhora geral na atmosfera de Cubatão com o início da implantação do Programa de Controle da Poluição Atmosférica instituído pela CETESB a partir de 1984^{39,41}. Porém, tal melhora relativa dos níveis de poluição deveria representar também igual incremento, ou pelo menos manutenção dos resultados espirométricos nos anos posteriores, o que não ocorreu em nenhuma das Coortes. Além disso, a Coorte 2, que no ponto inicial (1985) mostrou melhores condições de função pulmonar que a Coorte 1, evoluiu negativamente na época do

segundo exame, isto é, mostrou decrementos nos valores percentuais relativos ao predito em 1987.

A estrutura global das coortes mostra uma tendência geral de queda, em relação ao padrão de POLGAR²³³; considerando-se o ponto amostral de 1983 como subavaliado. Para corroborar esta assertiva, deve-se dizer que este ponto foi obtido com examinadores dedicados, porém sem a ênfase necessária quanto ao aspecto de que o exame expirométrico é de desempenho máximo; assim sendo, deve-se requerer o máximo empenho do examinado, e não meramente solicitá-lo. Deve-se fazer com que ele execute a manobra com toda a sua capacidade, e que a repita tantas vezes, quanto necessário para que se possa estabelecer um julgamento adequado de aceitabilidade do exame.

A veracidade da assertiva se apoia no fato dos exames espirométricos da Coorte 1 em 1983 haverem sido realizados por um examinador, e os demais exames dessa Coorte 1 e da Coorte 2 haverem sido realizados por outro pesquisador. Em 1985 (Coorte 2) cerca de 22% dos exames foram realizados pelo mesmo pesquisador que levantou os dados da Coorte 1 (1983). Porém, com o treinamento adquirido na primeira Coorte e dada a distribuição das crianças segundo bairro de moradia, as pequenas diferenças observadas entre essas crianças na Coorte 2 diluíram-se pelo fato dos exames feitos pelo primeiro pesquisador terem sido realizados em EMEIs localizadas em bairros muito populosos. A execução dos exames subsequentes (1987, 1988 e 1989) por um único examinador visou a eliminação desse fator interveniente, de difícil mensuração, também assinalado por outros autores^{31,79,95,108,190}.

Como forma de melhorar a estimativa do esperado para o este ponto de 1983, utilizaram-se outros dois pontos: o da Coorte 2, obtido em junho de 1985, e outro de um grupo examinado em junho de 1987, aos seis anos de idade e com 820 crianças para reforçar a hipótese formulada¹³⁵. Como resultado obtiveram-se valores estimados que se situam dentro das áreas hachuradas dos gráficos que serão posteriormente apresentados para cada uma das variáveis, separadas por sexo^{82,170}.

Essas estimativas, apesar de tomarem por base um outro grupo externo à abrangência deste estudo e os valores aos seis anos da Coorte 2, servem para consolidar a estrutura das coortes, pois os valores iniciais são muito discrepantes entre si. Levando-se em consideração o ponto estimado, verifica-se que tanto para

meninas como meninos a CVF aos seis anos tem valores semelhantes; as outras variáveis, o VEF_{1,0}, o PFE, e o FMF_{25-75%}, apresentam valores mais elevados nos meninos que nas meninas.

Por sua vez, a Coorte 1 mostra sua importância nos anos de 1987, 1988, e 1989, onde confirma a acentuada piora em várias das variáveis em 1988, com relativa recuperação em 1989.

No intuito de quantificar o comportamento evolutivo das Coortes necessitamos de uma técnica que considere não apenas os valores médios das variáveis, como também os valores das incertezas associadas a cada uma. Utilizando a análise de regressão ponderada⁸² faz-se com que valores com incerteza menor sejam mais significativos e assim obtemos um perfil melhor do que ocorreu em cada uma das Coortes.

A análise de regressão é um instrumento de avaliação que deve ser utilizado com muitas ressalvas quando o número de reexames é pequeno, pois na maior parte dos casos o fenômeno em estudo não se comporta conforme o modelo fora do período de estudo. No presente caso usaremos o instrumento, como forma de obter a média de variação de ano para ano, e pelo fato que fornece, concomitantemente ao coeficiente de regressão, uma estimativa da incerteza desse coeficiente, pelo método de mínimos quadrados, ou de Gauss^{82,170,280}.

De posse dessas informações preliminares optou-se por executar a análise que se segue apenas para a Coorte 2. Como foi extensivamente citado, o primeiro ponto da Coorte 1 está muito aquém das expectativas, e apesar dos níveis gerais de poluição também estarem mais elevados nesse ano, não se pode afirmar que essas diferenças tão acentuadas entre estimado e obtido sejam devidas apenas aos níveis de poluição ambiental. A utilização desses dados, sejam os **estimados** ou os **obtidos** no trabalho de campo para análise poderia ocasionar graves erros de interpretação. Porém, utilizar-se-ão na análise da Coorte 2 os anos de 1985, 1987 e 1989, baseados no fato da Coorte 1, e das variáveis de fluxo da Coorte 2 apresentarem uma queda muito maior em 1988.

Os resultados exibidos na Tab. 8.37 corroboram a execução da análise da Coorte 2 em duas etapas: uma com a exclusão do ponto de 1988 e outra com a sua inclusão. Sem ele o coeficiente de correlação de Pearson (r^2) aumenta em ambos os sexos e em todos os parâmetros ventilatórios. Resultado imediato signifi-

cativo é que o coeficiente de variação expresso em porcentagem por ano exibe uma variação para melhor, provando que o ano de 1988 acentua o fator de queda, fato que pode não traduzir a realidade "per se", mas ser reflexo de peculiaridades ambientais ocorridas nesse ano.

TABELA 8.37

Coeficientes de variação de variáveis espirométricas, em porcentagem por ano, desvio padrão, função χ^2 , e coeficiente de Correlação de Pearson (r^2).⁸²

COORTE 2									
INCLUÍDO 1988						EXCLUÍDO 1988			
		VARIAÇÃO	D.P.	χ^2	r^2	VARIAÇÃO	D.P.	χ^2	r^2
CVF	Masc.	-2,46	0,26	12,0	0,84	-2,31	0,27	2,5	0,90
	Fem.	-3,05	0,29	13,5	0,95	-2,83	0,29	0,9	0,97
VEF _{1,0}	Masc.	-3,43	0,27	15,4	0,92	-3,28	0,28	10,8	0,93
	Fem.	-2,68	0,27	22,7	0,85	-2,46	0,28	11,3	0,88
PFE	Masc.	-3,84	0,38	42,6	0,79	-3,81	0,39	26,5	0,82
	Fem.	-3,29	0,39	46,9	0,74	-2,77	0,40	11,3	0,86
FMF _{25-75%}	Masc.	-7,70	0,58	0,1	1,00	-7,67	0,60	0,1	1,00
	Fem.	-4,70	0,60	9,5	0,89	-4,34	0,62	4,1	0,93

Fonte: Trabalho de campo.

Os gráficos a seguir, obtidos a partir da Tab. A.49 (anexo), mostram o comportamento evolutivo das variáveis espirométricas nos respectivos períodos de estudo, e são separados por sexo. Convém repetir que para a Coorte 1 a área hachurada é uma estimativa baseada em outros dois grupos amostrais, e por essa razão não teve determinados os parâmetros de regressão. Para a Coorte 2 o segmento de reta contínuo representa o comportamento médio das observações com a exclusão

de 1988 e o segmento pontilhado é um comportamento médio para as quatro observações, incluindo-se a influência do ponto referente ao ano de 1988.

As Figs. 8.12 e 8.13 exibem, respectivamente, o comportamento da CVF das Coortes 1 e 2.

FIGURA 8.12

Varição da CVF da Coorte 1 entre 1983-89, por sexo. Nota: O retângulo é uma estimativa.

Para a Coorte 2, o comportamento dos valores anuais apresenta flutuações menores que para a Coorte 1. As inclinações das retas de regressão calculadas para a Coorte 2 (com e sem o ponto de 1988) foram negativas indicando progressivas perdas desse parâmetro da função pulmonar. O ponto correspondente ao ano de 1988 contribuiu para um pequeno agravamento dessas condições funcionais, porém sem significância estatística ($P > 0,05$).

Chama a atenção, no entanto, um aumento no ângulo de declividade da reta com o exame de 1988, do grupo das meninas, o que parece indicar maior sensibilidade a fatores atuantes nesse ano.

FIGURA 8.13

Variação da CVF da Coorte 2 entre 1985-89, por sexo.

Pelas Figs. 8.14 e 8.15 que representam as variações do $VEF_{1.0}$, respectivamente, para as Coortes 1 e 2, podemos observar que ocorreu um decremento funcional nessa variável. O comportamento dos reexames anuais foi semelhante à distribuição da variável CVF acima comentada. Apesar de havermos determinado os coeficientes de variação somente para a Coorte 2, a retirada do exame de 1988 ou a sua inclusão não mostra decrementos significativos, apesar dos mesmos terem efetivamente ocorrido. Como já se comentou anteriormente, o segmento de reta contínuo é obtido com os exames de 1985, 1987 e 1989; e o pontilhado com a inclusão do exame de 1988.

FIGURA 8.14

Variação da VEF_{1,0} da Coorte 1 entre 83-89, por sexo. Nota: O retângulo é uma estimativa.

FIGURA 8.15

Variação da VEF_{1,0} da Coorte 2 entre 85-89, por sexo.

Observando-se o comportamento da variável "Peak Flow" através das Figs. 8.16 e 8.17, verificamos imediatamente ser a que apresenta maior variação para as duas coortes e em ambos os sexos.

FIGURA 8.16

Variação do PFE da Coorte 1 entre 83-89, por sexo. Nota: O retângulo é uma estimativa.

Para a Coorte 1, se considerarmos o ponto estimado para o ano de 1983, verificamos que após acentuado declínio até 1988, ocorre uma relativa recuperação em 1989, mostrando-se maior nos meninas que nos meninos.

A Coorte 2, por sua vez, para a qual foram determinados os coeficientes médios de variação, mostra que o já acentuado decremento é agravado com a inclusão do exame de 1988; e no caso das meninas, o coeficiente de variação (ângulo de declividade da reta), sofre influência significativamente negativa com essa inclusão.

Pela evolução dos exames, a variável **FMF_{25-75%}**, em ambas as Coortes, como pode ser visto nas Figs. 8.18 e 8.19, é aquela onde ocorre o maior de todos os decréscimos.

FIGURA 8.17

Varição do PFE da Coorte 2 entre 85-89, por sexo.

O fenômeno é mais acentuado entre os meninos das duas Coortes, ressalvado o uso da estimativa para 1983. Com base nessa estimativa podemos reportar que após o declínio até o ano de 1988, a Coorte 1 mostra relativa recuperação em 1989, notadamente nas meninas. No entanto a Coorte 2, examinada sempre no inverno, mostra progressivo declínio nessa variável. A inclusão, ou a exclusão, do exame de 1988 não afeta a tendência dos meninos. Entretanto, para as meninas, cresce a tendência de piora com a inclusão, sugerindo um agravamento da resposta fisiológica desta variável em 1988.^{12,59,75,125,150,177,178}

FIGURA 8.18

Variação do FMF_{25-75%} da Coorte 1 de 83 a 89, por sexo. Nota: O retângulo é estimado.

FIGURA 8.19

Variação do FMF_{25-75%} da Coorte 2 entre 85-89, por sexo.

Portanto a análise do comportamento das variáveis espirométricas no período estudado mostra que todas tiveram um comportamento de declínio no decorrer do estudo, para ambos os sexos e nas duas Coortes.

As variáveis de volume (CVF e VEF_{1,0}) mostraram uma queda progressiva, porém de menor intensidade que as variáveis de fluxo. Isso pode ser observado pelos maiores ângulos de declividade assinalados pelas variáveis de fluxo (PFE e FMF_{25-75%}), tanto nos meninos como nas meninas de ambas as Coortes.

Os decrementos negativos da CVF e VEF_{1,0} não mostraram diferenças estatisticamente significantes com os procedimentos de inclusão/exclusão do ponto do ano de 1988.

Entretanto, os decrementos funcionais ocorreram e se forem consideradas as condições ambientais descritas nos itens 8.1 e 8.2 deste capítulo, verifica-se que embora os episódios agudos de poluição por Material Particulado (MP) tenham sido reduzidos em número, suas concentrações médias anuais tiveram um incremento em 1988 e 1989. Esse poluente é usualmente associado ao SO₂ como determinante de alterações funcionais nas variáveis de volume^{20,38,60,70,75,128,147,159,180,190,283,297}. Como já discutido no item 8.2 os níveis de SO₂ sempre se situaram abaixo dos PQAr em Cubatão, apesar da intensidade de emissões por parte do parque industrial. A combinação de ambos (MP e SO₂) pode estar contribuindo para esse progressivo decremento que vem ocorrendo com as variáveis de volume, especialmente se pudessem ser caracterizadas as participações proporcionais de cada poluente na mistura da atmosfera de Cubatão em cada época de reexame das crianças.

Entre as variáveis de fluxo, o "Peak-Flow" mostrou as maiores flutuações ao longo das retas de ajuste em ambos grupos de crianças, além de apresentar o maior afastamento da reta de regressão em 1988 quando comparado com o comportamento obtido com a exclusão desse ponto. Alguns autores^{79,95,232} criticam a validade de se utilizar a variável PFE como indicador de uma resposta pulmonar à exposição a poluentes atmosféricos; essa crítica baseia-se na afirmação da grande variabilidade na medida dessa variável em função da atitude de colaboração entre examinador-examinado. Outros autores^{31,178,239,252,273,301}, demonstraram que sob rígido protocolo de investigação a medida dessa variável reveste-se de fundamental importância na avaliação da resposta fisiológica do sistema respiratório (em particular das vias aéreas proximais) à exposição a poluentes atmosféricos notada-

mente de caráter agudo. Por essa razão foi mantida como indicador para tal situação.

A outra variável de fluxo, o $\text{FMF}_{25-75\%}$, também apresentou tendência nitidamente decrescente durante o período de estudo, especialmente na Coorte 2 (examinada no inverno), onde os indicadores de piora apresentam seus valores máximos. Não se verifica a recuperação relativa em 1989 que se apresenta na Coorte 1, ou mesmo alterações na declividade com a inclusão do exame de 1988. Atribui-se isso à ação de outras variáveis adjuntas no período de exame, ou sejam, temperatura ambiental mais baixa, inversões atmosféricas mais frequentes e de maior duração, menor pluviosidade. Esses fatores, desfavoráveis à dispersão de poluentes, devem concorrer para exposições de maior intensidade e gravidade da Coorte 2.

As respostas fisiológicas transitórias, ou agudas, refletidas principalmente pelas alterações nas variáveis espirométricas de fluxo, parecem estar relacionadas primariamente ao ozona, uma vez que diversos autores não encontraram relações significativas de exposição ambiental-resposta ventilatória atribuível a outras variáveis ambientais tradicionalmente monitoradas^{6,7,20,59,143,152,168,174,177,178,237,281}.

Entretanto, a persistência dos efeitos associados ao ozona, que se refletiria nas alterações ocorrendo nas pequenas vias aéreas, e que poderiam vir paulatinamente a afetar as variáveis ditas de volume, pode ser atribuída aos sulfatos ácidos (de degradação do SO_2 emitido) e aumento dos precursores de ozona, e a aerossóis ácidos que perduram na atmosfera mesmo após o término do pico de "smog" fotoquímico^{143,150,161,251,254}.

Reportando-se novamente ao quadro geral da poluição do ar dissertado nos itens 8.1 e 8.2, à parte as médias anuais de MP terem sofrido ligeiro incremento em 1989, a ocorrência mais marcante foi o crescente aumento do número e persistência dos episódios agudos de ozona, atingindo graves proporções principalmente no segundo semestre de 1988.

Com o comportamento declinante da função pulmonar, notadamente nas variáveis de fluxo, pode-se afirmar que ambas as Coortes vem sofrendo efeitos crônicos de uma exposição, que está conduzindo a um quadro pulmonar obstrutivo, e os resultados de 1988 agudizam esse processo. Tudo leva a creer haver sido o ozona (e seus precursores) o responsável por esse declínio^{6,8,12,23,57,59,85,143,152,178,209,256}.

Área de Residência e Alterações das Variáveis Expiratórias

Considerando-se as peculiaridades dos diversos bairros de Cubatão, em função da distribuição do parque industrial⁴⁸, topografia^{1,12} e consequente micro-meteorologia⁵, e o assentamento da população residente³³, lançou-se a hipótese de que a magnitude das alterações funcionais ventilatórias poderiam diferir entre essas áreas.

Por essa razão as crianças participantes do seguimento desse estudo, as Coortes 1 e 2, foram agrupadas em 9 áreas, segundo local de moradia e as variáveis espirométricas analisadas por Coorte, sob essas condições como sumarizam as Tabs. A.17 a A.48 (Anexo).

Para comparação de médias foi utilizado o teste "t" pareado^{28,280,296}, que mostrou diferenças significativas entre médias das diferentes áreas. Diante disso, surgiu o interesse em saber quais dessas áreas poderiam ser agrupadas por apresentarem valores próximos num grupo (homocedasticidade) e diferente de outro agrupamento^{37,176,296}.

Aplicou-se a técnica estatística de "cluster" aperfeiçoada por BUSSAB³⁷. Os resultados desses procedimentos são mostrados nas Tabs. A.9 a A.16 (Anexo).

Na análise utilizar-se-ão gráficos, que têm a capacidade de oferecer uma visualização mais rápida do fenômeno que está ocorrendo. Os apresentados a seguir dão o comportamento anual de cada variável espirométrica, por sexo e segundo área ou bairro, durante o período estudado em cada Coorte particularmente.

Os blocos obtidos pela técnica de "cluster" transformados em dendrogramas hierarquizam as áreas pelos valores médios, com o pior valor posicionado à esquerda e o melhor à direita. Os dendros agrupam os valores médios homocedásticos respeitados os níveis de significância fixados ($p < 0,05$).

Cumprе ressaltar em primeiro lugar, que os grupos referentes às áreas do Jardim Nova República (JNR) e Vila Parisi (VPA) não serão abordados por essa discussão. Ocorre que o núcleo habitacional do JNR somente passou a existir a partir de 1987, quando ali foram construídas as moradias e para lá transferidos os habitantes da VPA, e a mesma então erradicada em 1988. Os pontos do JNR exis-

tentes na Coorte 2 (1985) com tal denominação, referem-se aos exames espirométricos da Ilha Caraguatá, que dista apenas 1 km do JNR e por essa razão foi ali agrupado. Nesse caso não parece possível fazer uma análise precisa desses dois bairros no contexto geral do Município, e o rigor metodológico recomenda para o presente estudo a exclusão deles dessa discussão, podendo ser retomada em etapa posterior com o passar de algum tempo que permita conclusões sobre a evolução dessa transferência de população para outro núcleo habitacional.

Análise da Capacidade Vital Forçada (CVF)

Pela análise da Fig. 8.20 (vide Tabs. A.1 e A.17-A.20, Anexo) a CVF da Coorte 1, excluindo o ponto 1983 pela sua subestimação, mostra tendência geral de queda, entre os grupos, até 1988 e relativa recuperação em 1989.

Duas áreas mostram comportamento da CVF divergente do conjunto. Em uma delas, o Centro (CNT), os meninos acompanharam a tendência geral das demais áreas, e as meninas seguiram uma trajetória de melhora progressiva nos exames de 1987, 1988, e 1989. A outra, o Jardim das Indústrias (JIN), além de possuir um dos piores valores médios, apresentou variação, entre os exames, praticamente nula.

Na Coorte 2, ocorreu um decréscimo das porcentagens médias, em ambos os sexos e em todas as áreas. Esse progressivo decremento foi mais acentuado, e o comportamento da CVF apresenta flutuações menores, que na Coorte 1. Isto pode ser constatado na Fig. 8.21 (Tabs. A.5 e A.33-A.36, Anexo), imediatamente a seguir.

Com efeito, apesar da perda de elementos das coortes, a incerteza na maior parte dos grupos da Coorte 2 mostra-se estável, ou mesmo diminui. Acredita-se que a variabilidade dos grupos diminui, ou dito de outra forma, eles estão se tornando mais homogêneos. Sabe-se que em amostras aleatórias o coeficiente de falha na execução da manobra espirométrica diminui com o avançar da idade.

Todas as áreas da Coorte 2 comportaram-se de forma semelhante, isto é, decrementos progressivos com acentuação no exame de 1988. A exceção foi o

CNT onde se registraram em 1985 valores médios inferiores a 1987. A partir de então, a tendência assemelhou-se à das demais áreas.

FIGURA 8.20

Variação das médias da CVF, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 1 entre 1983-89.

FIGURA 8.21

Variação das médias do CVF, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 2 entre 1985-89.

Considerando-se o exame da Coorte 1 no verão e a Coorte 2 no inverno, pode-se atribuir parte das diferenças de comportamento dos exames das áreas de ambas coortes ao fator temperatura ambiental, mais baixa na Coorte 2. Isso concorda com os achados de MALO¹⁹³, BOUHUYS³¹, e MEAD¹⁹⁷, que afirmam a

influência de temperaturas mais baixas (<15 graus Celsius) sobre o estado de compressão das vias aéreas, modificando a retração elástica dos pulmões, levando à diminuição momentânea da CVF. Crê-se que esse é um fator a acentuar as diferenças observadas entre as declividades dos pontos entre as Coortes 1 e 2, associado aos níveis de poluição atmosférica registrados nos períodos de exame.^{6,9,54,142,177,283}

Os dendrogramas³⁷ mostrados na Fig. 8.22 hierarquizam as diferentes áreas de Cubatão segundo valores percentuais médios da CVF da Coorte 1 em cada ano de exame (ver Tab. A.9, Anexo).

FIGURA 8.22

Dendrograma dos valores médios da CVF da Coorte 1, por sexo e segundo área de Cubatão.³⁷

Nota-se de imediato em 1983 em relação aos meninos, que todas as áreas encontram-se num mesmo agrupamento, isto é, sem diferenças estatisticamente significantes entre as médias de cada área, encabeçado pela Cota 200 (C200). A única exceção foi o JIN que se classificou como o pior. Entre as meninas, a pior área nesse ano foi a de Vila Nova (VNO).

O ano de 1987 mostra uma nova e interessante distribuição. A Cota 95 (C95) encabeça a distribuição, em ambos os sexos, com resultados significativamente melhores que o grupo intermediário onde estão as demais áreas. A pior classificação continua a ser a do JIN, com resultados significativamente diferentes do grupo intermediário. No reexame de 1988 são observados três grupos distintos entre os meninos. O JNR classifica-se como melhor e o grupo intermediário alinhou principalmente as áreas residenciais (JCA, VNO, CNT) nas melhores posições. As áreas pior classificadas foram as próximas às influências dos núcleos industriais (C95, VNA). No pior grupo encontra-se agora, além do JIN, também a C200 que apresentou a maior proporção de piora nesse ano.

Em 1989 os meninos da Coorte 1 mostraram dois agrupamentos. O melhor continua encabeçado pelo JNR, seguido pelos bairros residenciais (JCA, VNO) mais afastados dos núcleos industriais. O pior grupo reúne a C95 e JIN que volta a assumir o último posto. No caso das meninas, somente o grupo C200 diferenciava-se significativamente do restante do grupo, classificando-se como o pior.

Os dendrogramas da Fig. 8.23 exibem a evolução da CVF da Coorte 2. No ponto inicial de 1985 não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as médias das áreas que justificasse a formação de agrupamentos (Tab. A.13, Anexo).

A Ilha Caraguatá (ICA), a partir de 1988 classificada na mesma área do JNR, encabeça a distribuição em ambos os sexos. Os piores na distribuição foram JIN e CNT nos meninos, e CNT e VNO entre as meninas.

O ano de 1987 também não apresentou agrupamentos distintos. A ICA e o CNT lideram a classificação em ambos os sexos, e os piores classificados na distribuição foram o JIN entre os meninos e C95 nas meninas. Entre essas ressalta-se como melhor desempenho a VNA encabeçando a distribuição. O outro grupo, com todas as demais áreas, teve como pior resultado o do JNR.

FIGURA 8.23

Dendrograma dos valores médios da CVF da Coorte 2, por sexo e segundo área de Cubatão.³⁷

Em termos gerais, ressalvadas as exceções mencionadas, ambas coortes mostraram decrementos da CVF em quase todas as áreas. Entretanto, chama a atenção o comportamento do JIN, principalmente entre os meninos. Esse bairro já iniciou o estudo em pior classificação, mantendo-se assim durante todo o período estudado nas duas coortes. Talvez a única explicação plausível da persistência dessa situação, à parte dos possíveis efeitos combinados do meio-ambiente, seja uma exposição diferenciada das demais áreas. De fato, pela topografia da área, distribuição do núcleo habitacional e indústrias, além da poluição que atinge todo o Município, o JIN é o mais diretamente atingido pelas indústrias químicas emissoras de gás cloro (vide ítems 8.1 e 8.2).

Alguns autores afirmam que concentrações de cloro, mesmo em níveis muito baixos, podem sofrer efeito sinérgico da umidade relativa do ar e das precipitações pluviométricas, sendo um agravante à exposição de populações residentes na vizinhança imediata das fontes emissoras^{251,297}. A resposta fisiológica ocorreria primariamente nas estruturas mais sensíveis - alvéolos e capilares - e pode traduzir-se num espessamento da parede alveolar por microedema sem produzir sintomas^{2,12,34,57,69,118,163,168,250,251}.

A persistência da exposição pode assemelhar a resposta a um quadro pulmonar restritivo, e nesse caso as variáveis de volume, notadamente a CVF, são as mais afetadas.^{214,256,283}

A exposição a hidrocarbonetos não-metânicos, óxidos de nitrogênio e demais precursores do ozona também pode provocar tais alterações. Isso pode explicar as piores classificações e as maiores proporções de piora, dentre todas as áreas, observadas nos bairros C200, C95 e CNT, situados justamente na área de abrangência dos principais emissores, a saber: a PETROBRÁS, a CARBOCLORO, a ENGECLOR e a RHODIA.^{9,12,20,57,64,69,85,114,120,143,182,237,248,264}

Análise do Volume Expiratório Forçado 1 seg. (VEF_{1,0})

Apesar do VEF_{1,0} ser uma variável, em essência, de volume com um comportamento correlato ao da CVF, a associação de um fator de tempo faz com que venha também a ser um indicador de condições de fluxo nas vias aéreas.

Essa variável, que pessoalmente interpretamos como sendo mista, associa informações sobre o estado do parênquima pulmonar e capacidade elástica dos pulmões, com o estado das vias aéreas de maior calibre^{27,31,71,119,146,208,244}.

A variabilidade observada é maior que na CVF, apesar do comportamento assemelhado. A Fig. 8.24 mostra o comportamento do VEF_{1,0} da Coorte 1 nos diferentes bairros, ou áreas (vide Tabs. A.2 e A.21-A.24, Anexo).

Tem comportamento assemelhado à tendência observada na CVF, a saber, se excluirmos o exame de 1983 (subestimado), a maioria das áreas mostra uma queda dos valores médios no biênio 1987-1988 e relativa recuperação em 1989.

FIGURA 8.24

Variação das médias do $VEF_{1.0}$, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 1 de 1983 a 1989.

Chama inicialmente a atenção o comportamento distinto dos exames por sexo. Em relação aos valores preditivos os meninos apresentaram maior propor-

ção de perda entre os exames de 1987 e 1989 com até 18%, enquanto as meninas chegaram a 7% apenas (Tab. A.21, Anexo).

Os menores decrementos percentuais foram nos bairros JCA, VNO e VNA, mais afastados da influência direta das emissões oriundas dos núcleos industriais.

Na C95 ocorreu o decremento mais acentuado, chegando a 18%, e o CNT assinalou 10%. Em seguida estão o JIN e a C200 com decrementos proporcionais semelhantes. Interessante notar que os 4 bairros onde ocorreram os maiores decrementos de $VEF_{1,0}$ no período 1987-1989 estão distribuídos na circunvizinhança de indústrias químicas e petroquímicas²⁸³.

Em relação ao comportamento do $VEF_{1,0}$ das meninas da Coorte 1, pode-se notar que o decremento foi muito menor que nos meninos, e em alguns casos registraram-se ligeiras melhoras entre os exames de 1987 e 1989, apesar da acentuação da tendência de queda em 1988.

O CNT e JIN são áreas onde os valores de $VEF_{1,0}$ não sofreram alteração significativa. Nelas foi registrado discreto incremento, da ordem de 2%, entre 1987 e 1989.

Nas demais áreas - JCA, VNO, VNA, C95 - o comportamento geral foi semelhante ao que vem sendo descrito, isto é, queda no biênio 1987-1988 e relativa recuperação em 1989. Excetua-se a C200 onde os decrementos do $VEF_{1,0}$ foram progressivos no período 1987-1989.

Em comparação com a Coorte 1, a Coorte 2 teve decrementos percentuais de $VEF_{1,0}$ de maior magnitude na maioria das nove áreas de Cubatão, como mostram as Tabs. A.6 e A.37 a A.40 (em Anexo) representadas pela Fig. 8.25.

Analizando-se inicialmente o grupo dos meninos, observa-se que além da maior magnitude de decréscimo em comparação com a Coorte 1 não houve acentuação da queda no exame de 1988, salvo a exceção representada pela C200.

O maior decremento ocorreu no JNR, certamente devido à inclusão do grupo oriundo de VPA. A seguir estão as áreas de JCA, VNO, VNA, JIN e C200, todas apresentando decrementos funcionais da ordem de 12%. As áreas CNT e C95 tiveram comportamento semelhante nos exames de 1985 e 1987, onde não variaram,

e logo após acumularam elevados percentuais de piora no reexame de 1989. A C200 foi a única área a registrar um agravamento do $VEF_{1,0}$ no reexame de 1988.

Em relação às meninas, a proporção de queda também foi maior que na Coorte 1, e assemelha-se aos decrementos verificados para os meninos.

FIGURA 8.25

Variação das médias do $VEF_{1,0}$, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 2 entre 1985 e 1989.

As maiores quedas foram registrados na C200 e JNR onde chegaram a 16%, em 1988, com recuperação de apenas 2% na C200 em 1989. As áreas do CNT, JIN e C95 mostraram dois instantes distintos - o biênio 1985-1987 com valores médios de $VEF_{1,0}$ semelhantes, acentuado decremento em 1988 e manutenção desse quadro em 1989. Novamente aqui as áreas vizinhas às indústrias químicas e petroquímicas registraram os maiores decrementos de $VEF_{1,0}$.

A seguir, a Fig. 8.26 mostra os dendrogramas referentes ao $VEF_{1,0}$ da Coorte 1 (Tab. A.10).

Nos meninos a distribuição das áreas segundo médias percentuais obtidas no ano de 1983 se fez em dois agrupamentos. O melhor encabeçado pela C95 e finalizado pela VPA. O pior grupo, significativamente diferente do anterior, reuniu a VNO, CNT e JIN.

FIGURA 8.26

Dendrogramas de agrupamento do $VEF_{1,0}$ na Coorte 1, por sexo e área de Cubatão, de 1983 a 1989.

No ano de 1987 não foram observadas diferenças significantes entre as médias das 9 áreas, porém, na hierarquização a C95 continuou liderando a distribuição e o JIN foi ainda o pior classificado. Em 1988 ocorreram agrupamentos interessantes. O melhor grupo passa a ser integrado pelas áreas principalmente residenciais, e tão melhor classificadas quanto mais distantes dos núcleos industriais de Cubatão. O pior grupo foi constituído pelo JIN, C95 e C200, isto é, dos bairros mais próximos às indústrias químicas e petroquímicas, e ainda no raio de ação das condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes como é o caso dos bairros Cota.^{5,163,263}

O ano seguinte, de 1989, não assinala grandes alterações em relação ao ano anterior. Porém, a C200 transfere-se para o melhor grupo, isto parece reforçar a idéia de uma agravante transitória de exposição ocorrida em 1988. Continuam no pior grupo o JIN e a C95, esta com a pior classificação na distribuição.

Em relação às meninas da Coorte 1, são poucas as modificações no mesmo quadro geral observado nos meninos.

Inicialmente o ano de 1983 mostra 2 agrupamentos distintos. O melhor reunindo C95, C200 e VNA, diferiu estatisticamente daquele que agrupou todas as demais áreas, com a pior classificação registrada pela VNO. Em 1987 somente o JIN, que teve o pior valor médio de $VEF_{1,0}$, diferiu significativamente do restante do grupo. O ano seguinte (1988) não apresentou diferenças estatisticamente significantes entre as médias de $VEF_{1,0}$ das 9 áreas. No entanto, é a C200 a pior classificada na distribuição, que tem sua situação agravada ainda mais em 1989, pois além de apresentar o pior valor médio de $VEF_{1,0}$, passa a diferir significativamente do restante do grupo. A VNO e o JIN classificaram-se como piores no agrupamento das demais áreas.

A distribuição dos valores médios de $VEF_{1,0}$ na Coorte 2 (Tab. A.14, Anexo) difere do verificado na Coorte 1, como podemos ver nos dendrogramas da Fig. 8.27, abaixo.

Principiando a análise pelo exame de 1985 nos meninos, verificam-se dois agrupamentos distintos. O melhor, encabeçado pela ICA reúne sete áreas, com o JIN e VNO finalizando essa distribuição. O pior grupo tem o CNT e a C95. Na sequência, em 1987, não houve diferenças entre as médias das diferentes áreas. No

entanto chama a atenção a pior posição da C200, que no reexame anterior foi a segunda melhor classificada. Igualmente notória é a melhora do CNT, que passa a ocupar a segunda posição na distribuição.

FIGURA 8.27

Dendrogramas de agrupamento do VEF_{1,0} na Coorte 2, por sexo e área de Cubatão, de 1985 a 1989.

No ano de 1988 observou-se a formação de dois blocos. O melhor liderado pelo CNT e finalizado pela VNO, e o pior reuniu VNA e C200, esta a última classificada. Em 1989 é interessante a classificação obtida pela C200, que assume novamente o segundo posto no melhor grupo. A VNO cai de posição integrando agora o pior grupo, e o resultado mais baixo é o da C95.

Entre as meninas em 1985 a distribuição não diferiu muito da dos meninos. O que chama a atenção é que o grupo do JIN, CNT, C95 e VNO difere significativamente do melhor bloco que reúne as demais áreas de Cubatão. Como no caso dos meninos, em 1987 não se formaram grupos distintos. Surpreendentemente o JCA é um dos piores classificados na distribuição, sendo superado apenas pela C95. Isso é inusitado em vista da distância do JCA das áreas industriais de Cubatão. Porém fica a hipótese de ter sido afetado pela poluição oriunda de Santos e que para ali se direciona nessa época do ano, por alterações no sistema de ventos^{163,245}.

As diferenças observadas entre as Coortes 1 e 2 nas distribuições das áreas para as variáveis de volume (CVF e VEF_{1,0}) vem ressaltar alguns pontos interessantes. No caso da Coorte 1 as áreas pior classificadas e de pior evolução temporal foram o JIN e a C200, nos meninos, e VNO e C200, nas meninas. O JIN mostrou os piores resultados de CVF e a C200 de VEF_{1,0}. Vários autores assinalam maiores decrementos nas variáveis de volume associados à exposição a certos poluentes, notadamente SO₂, NO_x e Cloro^{6,31,69,209,237,261,290}. Ora, são justamente tais poluentes os predominantes nas vizinhanças daqueles bairros. Acredita-se que a pior classificação do JIN na Coorte 1 seja também devido ao fato dessa Coorte ser examinada sempre nos meses de verão. Apesar das condições meteorológicas serem mais favoráveis à dispersão dos poluentes pela maior pluviosidade nessa época do ano, isso pode tornar-se uma agravante para o grupo residente no JIN, onde se distribuem as 3 indústrias que emitem gás cloro da região, pela potencialização de efeitos dessas emissões devido à maior reatividade do cloro na atmosfera saturada de umidade nesse período de chuvas^{4,6,200,214,224,251,254,256}.

Essa teoria, corroborada pelos achados de VAN DER LENDE²⁸³, é reforçada pelo fato de nessa Coorte 1 os bairros melhor classificados estarem em ordem direta com a distância de afastamento desse núcleo industrial (químico-petroquímico) de Cubatão.

As diferenças observadas na ordem de distribuição da CVF e do VEF_{1,0} na Coorte 2 vem reforçar a teoria da existência de outros efeitos além dos níveis de poluentes na atmosfera na determinação desse comportamento em relação à distribuição verificada na Coorte 1, como será discutido ao final desse capítulo.

De vez que as variáveis de volume vem apresentando decrementos funcionais em ambas as Coortes e na quase totalidade das áreas de Cubatão, tudo parece indicar que além do aumento da resistência de vias aéreas (como será visto a seguir), também estão ocorrendo alterações ao nível do parênquima pulmonar, que apesar de muito discretas, vem evoluindo paulatinamente e podem vir a assumir conotação preocupante por ser um processo crônico e progressivo ainda não cogitado para um estudo mais aprofundado.

Análise do "Peak-Flow" (PFE)

Dentre as variáveis espirométricas escolhidas para estudo o PFE foi a que mostrou a maiores variações nas sequências temporais estudadas nas duas Coortes.^{169,178}

A divisão de Cubatão em áreas para a melhor caracterização dos achados em face das condições de exposição é particularmente interessante no caso da análise dessa variável.

A Fig. 8.28, baseada nas Tabs. A.3 e A.25-A.28 (em Anexo), indica o comportamento do PFE da Coorte 1, nas nove áreas de Cubatão.

Nessa variável espirométrica todas as áreas, e ambos os sexos, já iniciaram o estudo com médias percentuais muito inferiores aos valores-referência de POLGAR²³³.

Observando-se o comportamento dos valores médios do PFE dos meninos, a evolução das áreas é muito divergente. Excluído o exame de 1983, no período 1987 a 1989 algumas áreas melhoraram o desempenho, outras mantiveram-se estáveis e outras mostraram decrementos funcionais. Comparando-se o último reexame (1989) com o de 1987, as áreas do JCA, VNO, JNR e C200 mostraram incrementos percentuais nas suas médias. O JIN e VNA mantiveram-se estáveis, e o CNT e C95 tiveram um decréscimo. Entretanto, no exame correspondente a 1988 todas as áreas tiveram um decremento nessa variável, com média de 11%, com a C95 registrando decremento superior a 28%.

Focalizando-se agora o PFE das meninas da Coorte 1, verifica-se que as médias sempre se situaram abaixo dos valores-referência de POLGAR²³³. Em

alguns casos, como na C200, C95, JIN e CNT, os valores médios estavam até 23% abaixo desses referenciais. A C95 registrou, em 1987, médias que estiveram, inclusive, abaixo dos limites da normalidade ($<75\%$ do padrão), enquanto a C200 permaneceu nesse limiar.

FIGURA 8.28

Variação das médias do PFE por sexo e área de Cubatão, da Coorte 1 entre 1983 e 1989.

Como foi visto entre os meninos, em 1988 também as meninas registraram decrementos funcionais de PFE em todas as áreas de Cubatão. Esse efeito foi assinalado com maior intensidade na C200 e VNO com decrementos de 7%, e na VNA onde chegou a 6%. Os locais aparentemente menos afetados nesse ano foram o JIN e JNR, onde os decrementos de 2% aproximadamente, indicaram uma estabilidade da situação.

O reexame de 1989 foi concluído com significativa recuperação funcional em todas as áreas, que chegou a 14% no CNT, e 13% no JCA e C95. Os bairros C95, CNT, e JCA são aqueles onde a evolução positiva do PFE das meninas foi mais acentuada, entretanto na VNA e C200 o quadro permaneceu estável.

Para a Coorte 2, como mostra Fig. 8.29, o comportamento do PFE diferiu do observado para a Coorte 1 examinada no verão (vide Tabs. A.7 e A.41-A.44, Anexo).

As condições iniciais do PFE da Coorte 2 são piores que as da Coorte 1. Além do início com valores abaixo dos valores-referência de POLGAR²³³, certas áreas como VNO e JIN estão no limite inferior da normalidade ($<75\%$), e a C95 está abaixo de tal limite. A tendência é decrescente, com acentuação em 1988, e relativa recuperação em várias áreas em 1989.

No primeiro reexame, em 1987, o decremento verificado no período foi superior a 10% na quase totalidade das áreas. Somente a C95 registrou uma perda menor, em torno de 7%, porém na C200 esse decremento chegou a 28%. (Tab. A.7. e A.15, Anexo)

As áreas onde ocorreram as piores mais acentuadas no reexame de 1988 foram C200 (com decremento acumulado de 38% em relação a 1985) com 10% e JCA, registrando perda de 11% nesse reexame. No ano seguinte, as exceções são a VNO e VNA cujas médias de PF decresceram ainda mais, nas demais áreas houve uma relativa recuperação.

No período de 1985-1989, incluída a relativa recuperação ocorrida a partir de 1988, as perdas acumuladas ainda eram muito elevadas na maioria das áreas. Aquelas em situação significativamente pior eram a C200 com decrementos de 28%, VNA com 19%, e CNT, JNR, e JCA com 15% (Tab. A.41 a A.44, Anexo).

FIGURA 8.29

Varição das médias do PFE, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 2 entre 1985 e 1989.

Na análise do PFE das meninas da Coorte 2, o que se nota é uma semelhança ao ocorrido com os meninos, porém com decréscimos de excepcional magnitude em algumas áreas. (vide Tab. A.15, Anexo)

No primeiro exame (em 1985), todas as áreas tiveram valores médios de **PF** abaixo dos valores-referência, excessão feita à **VPA**. Os piores valores médios ocorreram na **C95**, **JIN** e surpreendentemente no **JCA**, bairro afastado do núcleo industrial de Cubatão, mas que em vista das peculiaridades meteorológicas dos períodos de inverno pode estar sendo afetado por poluentes originários de Santos^{5,47,245}.

A situação agrava-se no reexame de 1987. Todas as áreas mostraram decrementos importantes nas médias de **PFE**. A **C200** revelou-se uma área bastante crítica, ao registrar um decréscimo de 28% nos valores médios de **PFE** entre os exames de 1985 e 1987. Aparecem também como preocupantes os resultados do **CNT** (queda de 14%) e **VPA** (decrécimo de 22%) (Tab. A.7 e A.15, Anexo).

O exame referente a 1988 agrava ainda mais a situação funcional dessa variável espirométrica em todas as áreas de Cubatão. Em algumas, como na **VNO**, a situação ficou praticamente estável, mas na **C200** houve novo decréscimo de 9%; no **JIN** e no **CNT** 7% e o **JNR** registrou perda de 17%.

A relativa recuperação nessa variável entre as meninas observada em 1989 foi muito semelhante à ocorrida com os meninos. Percentualmente, entretanto, essa recuperação é inferior à observada na Coorte 1. Isso demonstra que também nesse estudo outras variáveis, particularmente relacionadas às condições meteorológicas, podem ser fatores adjuvantes na determinação ou cessação de efeitos agudos de poluição do ar sobre a função ventilatória^{5,6,47,54,163,209,214,251}.

Considerando-se a evolução entre 1985 e 1989, excluída a influência de 1988 acima descrita, as meninas que apresentaram os maiores decrementos no **PFE** da Coorte 2 foram as das áreas da **C200** com perda de 30%; o **CNT** com 15%; o **JNR**, o **CNT**, a **VNA** e a **C95** com decrementos em torno de 13%. Nas demais áreas, apesar de haverem ocorrido perdas funcionais, não houve diferenças estatisticamente significantes (Tabs. A.7, A.15, A.41 a A.44, Anexo).

Analisando-se o **PFE** dos meninos da Coorte 1, através dos dendrogramas da Fig. 8.30, pode-se notar que o **PFE** parece ser a variável espirométrica de melhor resposta a efeitos agudos (transitórios e/ou persistentes) da exposição a poluentes em virtude dos agrupamentos formados ao longo do estudo^{169,178,268,301} como mostra a Tab. A.11 (Anexo).

Em 1983 já se destacavam 3 agrupamentos. O melhor formado pelo JCA e VNO; o intermediário tem a VNA, a VPA, o CNT, finalizando com o JIN; e no pior grupo a C95 e a C200. Essa hierarquização mostra claramente, e de forma estatisticamente significativa, que os valores médios de PFE são tanto melhores quanto mais afastadas são as áreas dos núcleos industriais, notadamente da bacia do rio Cubatão onde se distribuem as indústrias químicas, petroquímicas e a refinaria.

FIGURA 8.30

Dendrogramas de agrupamento do PFE na Coorte 1 por sexo e área de Cubatão, de 1983 a 1989.³⁷

No reexame de 1987 houve uma modificação na distribuição, que se fez em dois agrupamentos. O melhor, liderado pela ICA reuniu também o JCA,

além do CNT e JIN que melhoraram sua classificação no grupo. No segundo agrupamento, o de pior desempenho, estão a VNO, além das já esperadas C95 e C200, e a VPA que registrou o pior valor médio de PFE desse ano. Em 1988 ocorreu outro rearranjo. O JCA passa a principiar a distribuição do melhor grupo que alinha 5 áreas e é finalizado pelo CNT. O JNR e VNA estão no grupo intermediário e o pior valor de PFE do ano foi o registrado pela C200.

No último reexame, em 1989, continuou a distribuição de três agrupamentos. O JCA ainda se manteve liderando o melhor grupo, seguido da VNO e JIN. Esse grupo diferiu do intermediário onde estão JNR, C95 e VNA, que por sua vez é diferente do agrupamento que reuniu o CNT e C200, que registraram os piores valores médios de PFE em 1989.

Vale ressaltar que dentre o decremento anual do PFE verificado entre os meninos, a maior participação proporcional nessa piora foi da C200, e a área que mais posições perdeu na distribuição foi o CNT.

Em relação às meninas o quadro geral é semelhante ao dos meninos no exame inicial (1983). As áreas distribuíram-se em três blocos, sendo o melhor agrupamento liderado pela VNA, reunindo VPA e JCA. O grupo intermediário alinhou a VNO, JIN, C95 e CNT, áreas que à exceção de VNO estão mais próximas ao núcleo industrial da bacia do rio Cubatão. Na pior classificação ficou a C200.

Em 1987 a VPA passa a encabeçar o melhor dos 3 grupos formados. Seguiram-se a ICA, JCA, VNO e finalizaram essa distribuição a VNA e o CNT. O grupo intermediário tem junto com o JIN a C200, que se diferencia significativamente da C95 a qual passa a ocupar o pior posto na distribuição.

Em relação a 1988 o destaque é para o JNR que mostrou o melhor valor médio de PFE e lidera a distribuição das áreas. O grupo intermediário reúne JIN, CNT, VNO e VNA (que piora sua classificação). Em último lugar está a C200.

No último reexame (1989) os bairros mais afastados das indústrias, isto é, o JNR e o JCA estão no melhor agrupamento. O grupo intermediário tem CNT e C95, e no pior estão VNO, JIN, VNA e finalmente a C200. Essa área mostrou-se a mais crítica ao longo do período estudado para ambos os sexos. Acredita-se que sua localização, na encosta da Serra do Mar e ao longo da Rodovia Anchieta, a coloca numa situação de exposição peculiar em vista da direção dos

ventos ao longo do vale do rio Cubatão que carrega para aquela área toda a poluição gerada na área da Refinaria PETROBRÁS, junto com a produzida no polo petroquímico/químico^{5,47,245}. Além disso, o intenso tráfego de veículos pesados entre o Planalto Paulista e a Baixada Santista passa por aquele corredor viário^{15,44,212}, tudo isso agravado em certas épocas do ano por estar inserido tal núcleo habitacional exatamente no meio da camada de inversão que se forma nos meses frios, recebendo portanto toda a carga de poluentes carregada de Cubatão^{5,14,16,36,47}.

Essa afirmativa pode ser confirmada pela observação dos dendrogramas da distribuição das médias de PFE da Coorte 2, examinada nos meses de inverno, que é mostrada na Fig. 8.31 que se segue (vide Tab. A.15, Anexo).

FIGURA 8.31

Dendrogramas de agrupamento do PFE na Coorte 2, por sexo e área de Cubatão, de 1985 a 1989.³⁷

Atrai a atenção de início, na distribuição dos valores do **PFE** dos meninos, a diferença em relação à classificação verificada na Coorte 1. Nessa, a distribuição inicial colocou nos melhores postos as áreas mais afastadas do polo industrial, principalmente a bacia do rio Cubatão. Na Coorte 2 a hierarquização foi diferente. O melhor grupo foi liderado pela **VPA**, seguida da **C200**. O grupo intermediário iniciou pela **VNA** e finalizou com a **VNO**, reunindo a **ICA**, **JCA**, **CNT** e **JIN**. Na pior colocação isolou-se a **C95**.

No reexame de 1987, o **CNT** e a **C95** tiveram os piores valores médios, diferenciando-se significativamente do outro agrupamento reunindo as demais áreas. Em 1988, nos dois blocos formados, o pior reuniu **C200** e **JNR**. Outro grupo, de melhor desempenho, alinhou as demais áreas de Cubatão. A situação modificou-se em 1989, quando no melhor grupo ficaram apenas 3 áreas, lideradas pelo **JIN**. No segundo grupo, de piores resultados, estão 5 áreas e os piores valores médios foram os dos bairros Cota (**C95** e **C200**). A **C200** foi a área com maior proporção de piora no período estudado.

Em relação às meninas, em 1985 o melhor desempenho foi da **VPA**, seguida da **C200** e **CNT**. O grupo intermediário se inicia com a **VNA**, os valores mais baixos ficaram com o **JCA**.

No reexame seguinte, em 1987, formaram-se 2 agrupamentos. No melhor posto da distribuição ficou a **VNA**, com o **CNT** finalizando a distribuição desse bloco que reuniu grande parte das áreas residenciais mais distantes dos núcleos industriais. No grupo de piores resultados alinharam-se o **JIN**, **JCA**, **C95** e **C200**, novamente áreas que estão nas vizinhanças mais imediatamente afetadas pelas emissões das indústrias químicas e petroquímicas. A classificação desfavorável do **JCA** reforça a teoria de que os efeitos adversos podem ser decorrentes da influência dos níveis de poluição oriunda do Terminal Petrolífero de Alemoa distante cerca de 1km^{48,245,282}.

Em 1988 a distribuição ainda liderada pela **VNA**, com a **VNO** forma o melhor grupo. O outro alinhou as demais áreas, com melhora na classificação do **JCA** que passa a liderar esse grupo. O pior valor médio do **PFE** ainda é da **C200**. No ano seguinte formaram-se 2 grupos. O melhor reuniu as áreas residenciais mais distantes dos efeitos de poluentes emitidos pelas indústrias: **VNO**, **VNA** e **JCA**. As piores classificações nessa distribuição foram novamente da **C200**, **JIN** e **C95**.

Análise do Fluxo Médio Expiratório Forçado (FMF_{25-75%})

Devido às características fisiológicas avaliadas pelo FMF_{25-75%}, isto é, o estado das pequenas vias aéreas, que são aquelas onde os efeitos da exposição à poluição atmosférica são atuantes de forma persistente e progressiva, é de fundamental importância sua análise conjunta com o "Peak-Flow" no sentido de verificar a possível instalação de um processo pulmonar obstrutivo.^{56,110,129,156,192,273}

A Fig. 8.32 mostra o comportamento dessa variável na Coorte 1 (vide Tabs. A.4 e A.29-A.32, Anexo).

A variabilidade do FMF_{25-75%} foi muito menor que a observada no PFE, denotando tratar-se de um indicador que retrata alterações que não são facilmente reversíveis uma vez cessado o estímulo que as produziu. Da mesma forma que nas análises efetuadas para as outras variáveis espirométricas, o exame de 1983 não será considerado nessa análise evolutiva da Coorte 1 devido à sua subestimação.

Os resultados obtidos pelos meninos no reexame de 1987 indicaram que a maior parte dos bairros mostrou médias percentuais superiores aos valores-referência. As áreas com melhores resultados foram o JCA, seguido do CNT e da C95. A única a situar-se abaixo dos valores-referência foi a C200.

O comportamento geral do FMF_{25-75%} no período foi muito variável, com a maioria dos bairros apresentando decremento em 1988. A relativa recuperação verificada nas demais variáveis espirométricas em 1989 praticamente não ocorreu no caso do FMF_{25-75%}. Houve estabilização do quadro, exceto raras exceções que mostraram recuperação em 1989, nunca superior a 3%, e sem significância estatística (Tabs. A.4 e A.29-A.32, Anexo).

No reexame de 1988 as maiores perdas percentuais foram do JCA (14%), seguido da VNO, da VNA, do CNT e do JIN, todos em torno de 10%. As menores variações, em realidade quase inexistentes, foram da C95 (4%) e C200 (2%).

No ano seguinte, os bairros que mostraram alguma recuperação foram VNO e C200 (com 6%). Nas demais áreas essa recuperação relativa não aconteceu. Pela análise dos reexames de 1987 e de 1989 pôde-se concluir que a quase totalidade das áreas de Cubatão mostrou decremento funcional do FMF_{25-75%}

durante o período de estudo. As maiores pioras aconteceram no JCA e JIN (11%), e também no CNT e VNA (9%).

FIGURA 8.32

Variação das médias do FMF_{25-75%}, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 1 entre 1983-89.

Por outro lado, o comportamento do FMF_{25-75%} das meninas da Coorte 1 em algumas áreas (JCA, JIN e C95) mostrou-se o oposto ao verificado

para os meninos. Enquanto que as médias dos meninos dessas áreas decresciam ao longo do tempo, as das meninas do **JIN** e **C200** permaneciam estáveis e as do **JCA** e **C95** tenderam para um progressivo incremento.

No segundo reexame, em 1988, à exceção da **C95**, todas as demais áreas do Município mostraram médias superiores aos valores-referência. No ano seguinte, foram registrados incrementos percentuais no **JCA** (7%), **JNR** (8%) e **C95** (13%), enquanto as maiores quedas ocorreram na **VNA** (6%) e **CNT** (5%). Nos demais bairros os valores médios de **FMF_{25-75%}** mantiveram-se inalterados.

Em 1989 todas as áreas tiveram um incremento funcional, sendo que o balanço final no período favoreceu as áreas do **JCA**, **JNR** e **C95** que mostraram incrementos superiores a 10%. Nas demais áreas a situação ficou estável, e na **VNA** foi verificado um decréscimo de 6% atribuído às piores condições enfrentadas em 1988, que derrubaram os valores médios obtidos na época, e mantiveram o quadro inalterado a partir daquele ano.

Para a Coorte 2 a evolução do **FMF_{25-75%}** foi muito preocupante. Apesar de todas as áreas iniciarem o estudo com valores médios superiores aos de referência, o comportamento dessa variável em anos subsequentes mostrou os maiores decrementos, dentre todas as demais estudadas.

A Fig. 8.32 ilustra o comportamento desses valores, que podem ser conferidos nas Tabs. A.8 e A.45-A.48 (Anexo).

Para os meninos é possível observar, em todos os bairros de Cubatão, os decrementos mais acentuados, superiores inclusive aos encontrados entre as meninas.

No princípio, em 1985, todas as áreas registraram valores médios de **FMF_{25-75%}** superiores aos de referência²³³. Os bairros com melhores resultados foram **JNR**, **VNA**, **VPA**, **JIN** e **JCA**, com 25% acima dos padrões. A **C95**, pior classificada nesse ano, ultrapassou os valores-referência em 8%.

No ano de 1987 ocorreram grandes decrementos nessa função. As maiores perdas percentuais foram justamente nas áreas que iniciaram o estudo em melhores condições, registrando decréscimos que chegaram a 33% (**JNR**) e 28% (**VNA**). A situação da **C95**, no entanto, permaneceu estável. Em 1988 os decre-

mentos acentuaram-se ainda mais, principalmente na C200 cujos valores médios decaíram 16% somente nesse ano. Nas demais áreas - JCA, VNO, VNA, JNR, JIN e C95 - o decremento médio foi de 9%. Somente o CNT manteve a situação inalterada em relação a 1987.

FIGURA 8.33

Variação das médias do FMF_{25-75%}, por sexo e área de Cubatão, da Coorte 2 entre 1985-89.

Ao contrário do observado nas demais variáveis espirométricas e com o **FMF_{25-75%}** da Coorte 1 em 1989, na Coorte 2 não aconteceu a "relativa recuperação" funcional, e os valores médios continuaram a decrescer em todas as áreas de Cubatão.

No **CNT**, **JIN** e **JNR** o decremento foi mais acentuado, superando os 10% de perda nesse ano. Na **VNO**, **VNA** e **C200**, entretanto, apesar de ocorrido o decréscimo, este não foi significativo. Mas ao comparar o ponto inicial (1985) e o final de seguimento (1989) o quadro que se vê é muito crítico.

Alguns bairros, como **VNA**, **JIN** e **JNR** acumularam perdas funcionais superiores a 36%, indicando que nas crianças dessas áreas as alterações funcionais pulmonares podem tornar-se irreversíveis. Em nenhuma área de Cubatão as perdas acumuladas nos meninos foram inferiores a 16%.

Nas meninas da Coorte 2 verificaram-se também decrementos progressivos do **FMF_{25-75%}** ao longo do período estudado, porém em menor magnitude do visto nos meninos. (Tabs. A.8, e A.45-A.48, Anexo)

Na época de 1985 todas as áreas iniciaram com valores médios superiores aos de referência, e aquelas em melhores condições eram **VPA**, **VNA**, **JNR** e **CNT**. As áreas da **C95**, **JIN** e **JCA** mostravam valores próximos aos de referência.

Já por ocasião do reexame de 1987 ocorreram decrementos funcionais na maioria das áreas, porém, enquanto nos meninos essas perdas chegaram a 30%, nas meninas esse decréscimo não foi tão acentuado, situando-se em torno de 5%, traduzindo um quadro de estabilidade nesse ano.

O agravamento da situação ocorreu de fato em 1988. A **C200** (23%), **JNR** (17%) e o **JIN/VNA** (14%) mostraram as maiores quedas. As menores variações foram vistas no **CNT** (6%) e **JCA** (3%), e consideradas não significantes. No ano seguinte, 1989, a exemplo dos meninos, as meninas também não mostraram nenhuma recuperação no **FMF_{25-75%}**, como ocorreu nas demais variáveis espirométricas analisadas. Em 1989 o decremento funcional prosseguiu, alcançando 4%.

Tomando-se para análise o exame inicial (1985) e o final (1989) de seguimento das meninas da Coorte 2, as maiores perdas percentuais aconteceram

na VNA e C200 (>20%). O CNT teve um decréscimo acumulado de 18%, seguido da VNO com 16%, e no JCA, JIN e C95 foi mínimo.

Pela hierarquização mostrada nos dendrogramas da Fig. 8.33 (vide Tab. A.12, Anexo), a seguir, pode-se verificar os agrupamentos surgidos entre a Coorte 1 para a variável FMF_{25-75%}.

FIGURA 8.34

Dendrogramas de agrupamento do FMF_{25-75%} na Coorte 1, por sexo e área de Cubatão, no período de 1983 a 1989.³⁷

Pelo exame inicial (1983), no caso dos meninos vê-se que os bairros residenciais mais afastados dos núcleos industriais mostraram resultados significativamente melhores que as demais áreas. O segundo agrupamento tem a C95 e

C200 na pior classificação. O ano seguinte, 1987, não mostrou diferenças significativas entre as médias de FMF_{25-75%} entre as diversas áreas de Cubatão. É interessante notar que a C95 e a C200 ainda detêm os piores resultados nesse ano, e as áreas com melhor classificação foram VNO e JCA.

Em 1988 também não se formaram agrupamentos distintos, entretanto a VNO teve uma queda acentuada ficando em penúltimo lugar na distribuição geral.

No último reexame, em 1989, formaram-se três agrupamentos. O melhor tem apenas o JNR, e o intermediário reuniu JCA, CNT e VNO. O grupo de piores resultados constituiu-se do JIN, VNA, C95 e C200.

Em relação às meninas, o dendrograma referente ao ano de 1983 mostrou dois agrupamentos. A C95 e a C200 apareceram no pior grupo, diferindo significativamente do outro bloco onde se distribuíram todas as demais áreas. No reexame seguinte, em 1987, da mesma forma como foi visto em relação aos meninos, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias de FMF_{25-75%} das várias áreas.

Em 1988 destacaram-se a C200 e VNA formando o pior agrupamento, enquanto que as demais áreas distribuíram-se no melhor grupo e liderado pelo JNR. O que chama a atenção nesse reexame é a grande piora de classificação ocorrida com a VNA e também na VNO. O último reexame (1989) formou três agrupamentos. Isolado e liderando a classificação apareceu o JNR. O grupo intermediário reuniu JCA e CNT, e o bloco com os piores resultados alinhou todas as demais áreas, e a C200 classificou-se no último posto.

As distribuições verificadas na Coorte 2 são, no entanto, diferentes e isso pode ser confirmado pela Fig. 8.35 (Tab. A.16, Anexo).

Principiando a análise pelos dendrogramas dos meninos, em 1985 pôde-se ver dois agrupamentos distintos. O melhor é liderado pela ICA e finalizado pela C200. É interessante notar que a VNO e o CNT integraram o bloco de piores resultados, ao lado da C95. Essa distribuição inicial é diferente da observada na Coorte 1, que alinhou nas melhores posições as áreas mais afastadas nos núcleos industriais.

Em 1987 pôde-se perceber grande piora da VPA, que junto com o CNT integra o pior grupo, estando este diferenciado do melhor bloco que alinha as demais áreas. No ano seguinte (1988), registraram-se pioras na VNO, VNA e C200 que passaram a assumir os postos mais baixos.

FIGURA 8.35

Dendrogramas de agrupamento do FMF_{25-75%} na Coorte 2, por sexo e área de Cubatão, no período de 1985 a 1989.

No último reexame (1989) formaram-se três agrupamentos distintos. Em melhor posição está o JCA. O grupo intermediário tem o JIN na liderança e é finalizado com o JNR. No pior grupo permanecem a C200, CNT e VNA, e esta última perdeu mais postos a cada ano de reexame.

Entre as meninas a variabilidade não foi tão acentuada. No exame inicial (1985) as áreas agruparam-se em 2 blocos. O maior deles, e de melhores condições, liderado pela VPA, reuniu os grandes núcleos habitacionais mais afastados das indústrias. No pior grupo estão justamente aquelas áreas mais próximas às influências diretas de emissões industriais (principalmente as químicas e as petroquímicas) como C200, C95 e JIN.

No reexame de 1987 não foram encontradas diferenças entre as médias que demandassem a formação de agrupamentos. O JIN, no entanto, continuou a ocupar o pior posto na hierarquização dos valores médios de $FMF_{25-75\%}$ nesse ano.

Uma configuração interessante formou-se em 1988. Destacou-se como pior resultado a C200, e essa mudança de posto classificatório em relação ao ano anterior vem sugerir a superposição de um efeito agudo sobre o processo que vem se desenvolvendo. O grupo intermediário reuniu JIN e C95. No melhor grupo estão todos os demais bairros, liderados pela VNA e VNO.

Em 1989 o JIN colocou-se junto com a C200 no pior grupo. O intermediário alinhou JNR e JCA, ambos de localização geográfica muito próxima e afastados do núcleo industrial de Cubatão. No melhor bloco classificaram-se C95, CNT, VNO e VNA, como no ano anterior.

Reveste-se de grande dificuldade discutir os achados acima descritos e associar os resultados espirométricos às concentrações de poluentes medidos num nível diferente do meramente especulativo.

Isso decorre primeiro do fato de que o tipo e a magnitude dos efeitos da exposição são afetados pela concentração de cada poluente (e combinação deles), o tempo e a forma de exposição (contínua ou intermitente), presença de sinergismos ou antagonismos entre poluentes decorrente de outras condições ambientais, e existência de um estado pré-patológico do fator em estudo por parte do indivíduo exposto. De outro lado, as próprias circunstâncias do monitoramento ambiental não permitem a determinação de um "fator de exposição" a cada indivíduo de cada área de Cubatão por todo o tempo despendido no seguimento (6 anos).

Ora, a própria complexidade dos efeitos da poluição sobre os pulmões dificulta a realização de estudos interativos, entretanto há que se lançar mão de

técnicas interpretativas que avaliem as relações dos aspectos coletivos da saúde na sociedade em face de tal problemática de exposição.

Por essa razão esse não é tipicamente um estudo clássico de Coorte. Pelas características das informações disponíveis para análise do problema-objeto, esse estudo é na verdade uma **Coorte Histórica Não-Controlada**, ou sob designação mais moderna, um **Estudo Ecológico Longitudinal**. O que o distingue dos demais é a unidade de estudo, que não é mais o indivíduo mas sim um grupo de indivíduos que possuem o fator em estudo. Como o fator em estudo é de multiplicidade extrema e complexa, a orientação cronológica do mesmo e do "efeito clínico" pode ser interpretativa, desde que tenha uma coerência de associação por não conflitar com os conhecimentos biológicos a ele pertinentes.

No que tange à estruturação dessa discussão final vale relembrar de forma resumida os efeitos genéricos dos poluentes simples e/ou combinados, e as relações com as variáveis meteorológicas na determinação dos efeitos sobre a saúde.

Em relação ao SO_2 (simples) as evidências experimentais mostram que induz ao rápido e reversível aumento da resistência das vias aéreas^{153,159,180,182,249}. De forma similar se comporta o NO_x , porém com maior toxicidade^{64,152,177,261}. No entanto, se a exposição for crônica o efeito se traduz numa fibrose pulmonar^{31,254}.

No caso do MP, especialmente particulados finos ($< 1\mu\text{m}$ de diâmetro), a resposta pode ser uma fibrose pulmonar com outros efeitos associados devido à reatividade com o surfactante pulmonar^{3,17,31,38,74,95,115,118,136,181,182}.

Na combinação de efeitos, uma associação de SO_2 ao O_3 tem efeitos primários nas vias aéreas altas^{12,59,85,99,153,158,209} (constricção brônquica). Se o O_3 se combina com o NO_x , os efeitos serão o espessamento da parede alveolar e edema^{12,59,85,125,152,237}. No caso dos precursores do ozona, como os hidrocarbonetos não-metânicos a ação predominante é nos vasos sanguíneos, circulação sistêmica e perfusão de órgãos vitais^{187,209,248,255,256,270,282}, e outros gases, como cloro, podem provocar primariamente bronquiolite fibrosa obliterante por exposição aguda, ou pneumonite focal pela exposição crônica^{4,6,12,69,187,247,270}.

Nessa linha de raciocínio, e considerando-se o que avaliam as variáveis espirométricas aqui utilizadas, pode-se deduzir que os indivíduos responderão

às alterações ocorridas ao nível do parênquima pulmonar com variações das variáveis espirométricas de volume (CVF e VEF_{1,0}), e às exposições que levam a constrição brônquica, por alterações nas variáveis de fluxo (notadamente o PFE). No caso de exposições que afetam o estado das pequenas vias aéreas as respostas podem ser avaliadas pelo FMF_{25-75%}^{26,54,75,79,99,129,145,156}.

Isso ficou claramente evidenciado na descrição do comportamento das variáveis espirométricas das Coortes 1 e 2 quando as crianças foram separadas segundo local de moradia (ou área) de Cubatão. Pela divergência na hierarquização das áreas nas duas coortes, salientaram-se os efeitos das variáveis meteorológicas predominantes em cada época do ano (inverno ou verão) sobre as combinações de poluentes emitidos em determinadas áreas e as respostas espirométricas das crianças nos diferentes bairros.

Assim, verificou-se na Coorte 1, examinada no verão, que os bairros mais afastados dos núcleos industriais, como JCA, VNO, JNR e VNA sofreram influências dos níveis de poluentes registrados nas estações amostradoras no período, porém de menor magnitude. As áreas mais diretamente afetadas foram JIN, CNT, C95 e C200 tanto nas variáveis espirométricas de volume, como nas de fluxo.

A Coorte 2 permite uma análise mais precisa dos acontecimentos por terem sido considerados válidos todos seus exames. Para complementar as análises do comportamento das médias percentuais das quatro variáveis espirométricas, por sexo e local de moradia das crianças, e da hierarquização dessas áreas, procurou-se conhecer o coeficiente de variação dos valores nas diferentes áreas no período estudado.

Através da utilização de procedimentos de regressão linear foi possível o cálculo do coeficiente angular dos resultados médios obtidos em relação aos de referência, para cada uma das áreas. As inclinações das retas obtidas em cada variável espirométrica, expressas em porcentagem/ano, foram negativas indicando a tendência geral de decréscimo da função pulmonar (Tabs. A.51-A.53, Anexo).

Entre as variáveis de volume, os decrementos médios da CVF no período foram em torno de 3% ao ano como mostra a Fig. 8.36 a seguir.

FIGURA 8.36

Coeficientes de variação da CVF, por sexo e local de moradia da Coorte 2, de 1985 a 1989.^{82,121,170,280}

As maiores declividades se verificaram na C200 para os meninos e JCA, VNA, JIN e C95 nas meninas.

A Fig. 8.37 mostra para o $VEF_{1,0}$ uma declividade 1% mais acentuada que a da variável anterior, com as meninas numa situação mais favorável que os meninos. (Tab. A.51, Anexo)

Sobressae-se, entre os bairros, a C200 que no caso da meninas mostrou um coeficiente de declividade de 4% ao ano.

A despeito da grande variabilidade do PFE mostrada nas tabelas e figuras da Coorte 2 anteriormente referidas, os coeficientes de variação, resumidos na Fig. 8.38, ficaram em torno de 4% ao ano.

Observaram-se algumas exceções como as meninas do JCA em melhores condições em todo esse grupo, e a C200 que em ambos os sexos mostrou coeficientes de variação negativos ao redor de 6% ao ano. A distribuição do PFE com esses coeficientes de variação parece indicar um efeito não apenas transitório

sobre essa variável espirométrica, mas associa-se uma resposta persistente (Tab. A.52, Anexo).

FIGURA 8.37

Coeficiente de variação do VEF_{1,0}, por sexo e local de moradia da Coorte 2, de 1985 a 1989.^{82,121,170,280}

FIGURA 8.38

Coeficiente de variação do PF, por sexo e local de moradia da Coorte 2, de 1985 a 1989.^{82,121,170,280}

Isso é reforçado pela magnitude do comportamento dos coeficientes de variação do $\text{FMF}_{25-75\%}$, mostrados na Fig. 8.39.

FIGURA 8.39

Coefficiente de variação do $\text{FMF}_{25-75\%}$, por sexo e local de moradia da Coorte 2, de 1985 a 1989.^{82,121,170,280}

Os coeficientes de variação do $\text{FMF}_{25-75\%}$ apresentam os maiores declínios, com médias ao redor de 5% ao ano nas meninas e 8% ao ano nos meninos (Tab. A.53, Anexo).

Pela visualização dos pontos nas figuras acima mencionadas, num balanço feito em relação às quatro variáveis espirométricas estudadas verifica-se que na Coorte 2 duas áreas mostraram-se problemáticas - VNA e C200, com as maiores variações negativas de seus coeficientes de declividade. Porém há que se recordar que na hierarquização dos valores médios outros bairros, como C95 E JIN já iniciaram o estudo com valores médios muito baixos, e apesar dos respectivos coeficientes de variação não serem tão acentuados a situação desses bairros é muito crítica.

Na Coorte 2 a combinação das formas de análise dos resultados indicaram serem problemáticos o JIN, C95 e VNA. A C200 salientou-se como a

mais crítica do Município, e se comparados com os da Coorte 1, os meses frios parecem agravar ainda mais a situação desse bairro.^{177,193,201,251,256,283}

Pelos números apresentados nas figuras acima mencionadas pode-se visualizar uma diferença de resposta associada ao sexo. Aparentemente as meninas respondem de forma negativa por alterações mais acentuadas principalmente nas variáveis de fluxo, enquanto que nos meninos as variáveis de volume e a que determina o estado das pequenas vias aéreas são as mais afetadas. Isso parece concordar com as teorias de alguns autores que referem diferenças anatômico-fisiológicas do aparelho respiratório entre homens e mulheres^{19,31,182,234,253,256,277}.

As meninas mostrariam maiores alterações funcionais nas variáveis que avaliassem o fluxo nos trechos mais proximais da árvore brônquica (vias condutoras), e portanto responderiam de forma negativa aos poluentes que afetassem tais estruturas pulmonares, como por exemplo os oxidantes fotoquímicos^{31,169,178,254}. Nos meninos, por outro lado, as respostas mais precoces seriam das variáveis espirométricas que avaliassem o estado das pequenas vias aéreas e parênquima pulmonar, e por isso traduziriam exposições deletérias aos tecidos pulmonares^{118,277,234,284}.

Pelas diferenças entre os resultados das duas coortes, das concentrações ambientais dos três principais poluentes monitorados pela CETESB e das estimativas de emissões do parque industrial (especialmente os poluentes qualitativa e quantitativamente importantes, porém não monitorados de forma sistemática), pôde-se inferir que de acordo com as estações do ano a ação de um poluente pode ser mais, ou menos prejudicial às provas funcionais.

Um bom exemplo são os precursores do ozona - notadamente hidrocarbonetos não-metânicos, NO_x e gás cloro, principalmente emitidos na área de Cubatão-Centro (vide item 8.2. deste capítulo). O Programa de Controle de Poluição da CETESB não priorizou, na sua primeira fase, a redução desses poluentes e ficou evidente no item 8.1 deste capítulo que essa redução não se efetivou. Ao contrário, principalmente nas indústrias localizadas na bacia do rio Cubatão possivelmente ocorreram incrementos nas emissões em face da expansão da Refinaria da Petrobrás²³¹ e aumentos na produção de outras indústrias desse conglomerado, no período de 1984-1988.

Em relação aos níveis de material particulado (MP), principal prioridade de controle por parte da CETESB, verifica-se que apesar da média geométrica anual estar subindo no último biênio estudado (1988-1989), os grandes episódios agudos diminuíram consideravelmente (veja o item 8.2 deste capítulo). Entretanto, acredita-se que a poluição remanescente seja devida a particulados finos, o que pode ser constatado pela comparação entre o monitoramento feito nas estações amostradoras através do método Hi-Vol e o realizado através do Monitor Beta. Dentro de uma política de controle de poluição os particulados de maior diâmetro (ou particulado grosso) são os de controle mais fácil pela instalação de equipamentos filtrantes nas indústrias e asfaltamento de ruas e rodovias.

Mas o particulado fino ($<2,5\mu\text{m}$ de diâmetro), de difícil controle, pode ser especialmente preocupante, por penetrar mais facilmente os brônquios chegando até os alvéolos, e sob condições atmosféricas favoráveis pode combinar-se ou servir de substrato para outros poluentes e ser facilmente transportável a grandes distâncias. Essas características favorecem sua participação na composição do "smog" fotoquímico^{9,57,150,154,251,254,255,264,282,297}.

As influências dessas emissões podem ser vistas nos progressivos decrementos funcionais ventilatórios de ambas as coortes, especialmente agravados nas áreas residenciais próximas ao núcleo industrial da bacia do rio Cubatão. Os decrementos funcionais foram afetados de forma agudizada com a piora verificada durante o ano de 1988 que atingiu todas as crianças nas duas coortes. Esses acontecimentos coincidiram com os piores picos de oxidantes fotoquímicos já registrados em Cubatão pelas duas estações amostradoras de ozona, e foram verificados durante todo o segundo semestre de 1988.

Por esses acontecimentos foi possível confirmar de forma inequívoca as influências meteorológicas no agravamento ou na atenuação de efeitos de poluentes sobre as provas funcionais ventilatórias nos diversos bairros.

É evidente que todas as crianças amostradas, sejam da Coorte 1 ou da Coorte 2, estão expostas aos mesmos níveis de poluentes, mantidas as especificidades dos respectivos bairros de residência.

Somente a época de avaliação anual dos dois grupos é diferente, portanto, as diferenças observadas nas provas funcionais devem ter sido causadas pela exposição e seus condicionantes no período de exame.^{177,193,251,297}

O fato das crianças da Coorte 1 terem sido examinadas nos meses quentes, sob condições mais favoráveis à dispersão dos poluentes, mostra que as alterações funcionais foram menos graves, como o JIN, CNT, C95 e C200, potencialmente atingíveis em virtude da localização muito próxima às vizinhanças do núcleo industrial predominantemente químico e petroquímico.

Aquelas examinadas nos meses frios (Coorte 2) mostraram provas funcionais ventilatórias com maiores decrementos, notadamente as variáveis de PFE e FMF_{25-75%}. Nesses meses aumenta muito o número de dias em que ocorrem inversões térmicas, a porcentagem de calmarias no período de maio a agosto é superior a 30% e o índice pluviométrico baixa devido ao domínio de anticiclones subtropicais marítimos^{5,47}. Essas condições ambientais são determinantes do aumento dos níveis de oxidantes fotoquímicos na região, como mostraram os indicadores referidos nos itens 8.1 e 8.2 desse capítulo.

Esses poluentes (ou mistura) são os que mais afetam as variáveis espirométricas de fluxo, e as condições ambientais concorrem para que os níveis de oxidantes sejam elevados em toda a extensão do Município e agravem a situação de exposição das áreas VNA e VNO, chegando a afetar também as provas funcionais das crianças do JCA e JNR.

Apesar da VNA e VNO estarem relativamente afastadas do núcleo industrial químico/petroquímico e em terreno plano, acredita-se que a associação entre a baixa altitude da camada de inversão térmica e as correntes de vento de superfície no inverno, faça com que a poluição originária daquele núcleo industrial seja somada à emitida pelos veículos que trafegam nas rodovias que margeiam aqueles bairros e então sejam responsáveis pelos decrementos funcionais observados entre as crianças^{5,47,14,16,36,141}. O fato de terem sido observados decrementos também nas áreas do JCA e JNR pode ser explicado pela disseminação da poluição por oxidantes fotoquímicos por toda a área de Cubatão, e também pela adição do efeito dos particulados finos oriundos da Vila Parisi, onde predominam indústrias de fertilizantes emissoras de tais poluentes^{5,6,9,69,87,100,161,163,168,194,205}.

As áreas mais críticas de Cubatão, considerando-se a análise conjunta das duas Coortes, são os bairros localizados nas encostas da Serra do Mar, isto é, a C95 e a C200^{49,97,134}. Em segunda prioridade aparecem o JIN e o CNT. Naqueles são marcantes as influências topográficas e conseqüentemente micrometeorológi-

cas^{5,47,49,245}. Como já se informou anteriormente, a C95 está muito próxima à Cia Santista de Papéis, e também recebe influências do núcleo industrial que reúne a Refinaria, a Ultrafertil-Fafer e a Petrocoque, principalmente^{48,63,114,120,150,214,255}.

A C200 localiza-se mais distante desse núcleo, e ambas estão ao lado da Rodovia Anchieta, sob influência também de um tráfego intenso de carros e caminhões no sentido Planalto Paulista-Baixada Santista (e vice-versa)^{14,16,36,141}. Isso resulta nas maiores exposições combinadas a NO_x, hidrocarbonetos, SO₂ e seus sub-produtos e ozona e seus precursores, originários das emissões industriais e de veículos, que entre todas as demais áreas de Cubatão. Devido à forma íngreme das vertentes do vale do rio Cubatão¹⁵, à predominância dos ventos mar-terra durante o dia²⁴⁵, e situação de estabilidade termodinâmica na base da Serra do Mar⁴⁷, observam-se condições propícias à concentração aguda de poluentes na área da C95 no período diurno. À noite, pela inversão na direção dos ventos, todos os poluentes emitidos no conglomerado industrial petroquímico são carregados ao longo do vale do rio Cubatão atingindo principalmente a C200, e em seguida a VNA.

Pode-se comprovar tais afirmativas pelos piores resultados espirométricos constatados na C95 e na C200 nas duas coortes, apesar de não ser possível estimar o nível de exposição da população por não existirem estações amostradoras de poluentes nessas duas áreas.

É interessante notar as influências meteorológicas nesses dois bairros. Aparentemente a C95 é afetada em qualquer período do ano, apesar de se classificar em pior lugar que a C200 nos meses frios. Uma possível explicação para tal classificação é que as calmarias em maior proporção nos meses de inverno, associadas às mais baixas altitudes das misturas de gases nos dias de inversão térmica, fazem com que todo o bairro fique "imerso" nessa mistura de poluentes originária do núcleo industrial e se encontra contida na encosta e sopé da Serra do Mar^{5,47,163,297}.

A C200 parece ser também afetada nos meses quentes, como mostram as posições verificadas nos dendrogramas em relação à C95. A altitude da mistura de poluentes também é diferente no verão, ficando entre 100 e 500m acima do nível do mar⁵. Estima-se que se somem aos poluentes emitidos pelas indústrias, também os efluentes de fontes móveis (automóveis e caminhões) que circulam na Via Anchieta^{14,36,141}. Os meses quentes trazem uma maior circulação de veículos rumo às praias, o que concorre também para um maior número de eventos denomi-

nados "Operação Descida", onde a DERSA destina a Rodovia dos Imigrantes somente para a descida de veículos leves, drenando todo o tráfego pesado de descida e todo o de subida para o Planalto Paulista, para a Via Anchieta. Isso aumenta as emissões de SO_2 e NO_x , além de CO, advindas da queima de combustíveis (especialmente o diesel) naquela área. Isso tudo adicionado à maior pluviosidade dessa época do ano, que concorre para a rápida oxidação desses poluentes, certamente tem influência decisiva nas alterações funcionais das provas espirométricas das crianças da C200^{120,214,297}.

Em relação às condições de piora da região do CNT nos meses de inverno, as já citadas condições de inversão térmica associadas ao sistema de ventos predominantes, especialmente o noturno, fazem com que esse bairro seja mais diretamente afetado também pelas emissões da Cia. Brasileira de Estireno, além das oriundas do núcleo industrial químico/petroquímico²⁹⁷.

Os estudos transversais que deram origem às Coortes 1 e 2, tiveram excelente emprego como primeiro passo na identificação das relações de exposição (no local de residência) a altos níveis de poluição, conduzindo à hipótese de que as alterações encontradas eram devidas a oxidantes fotoquímicos (e/ou seus precursores) principalmente pelas reduções observadas nas variáveis PFE e FMF_{25-75%}, como o visto em pesquisas levadas a cabo em outros países^{21,53,78,106,113,116,168,172,178,259,262}.

No entanto, foi o estudo desses grupos de forma longitudinal ou de Coorte que mostrou, como em outros^{99,147,190,194,258,272,299}, a extensão, persistência e transitoriedade parcial das alterações funcionais ao longo do tempo, associando-as aos níveis de poluentes registrados no período, especialmente oxidantes fotoquímicos de acordo com os locais de residência das crianças em Cubatão.

É difícil separar os efeitos associados aos testes de função pulmonar pelos níveis de poluentes do dia do exame, dos efeitos resultantes de uma exposição de longo prazo, uma vez que não se pôde dispor dessa informação para cada criança estudada.

Por isso é impossível eliminar a probabilidade de que as diferenças observadas possam ser atribuídas, pelo menos em parte, a uma diminuição de performance de caráter agudizado como resultado dos altos níveis de poluição no momento de realização do teste espirométrico, além de toda a "história de exposição" que tem cada uma das crianças.

IX - CONCLUSÕES

A partir da análise das provas funcionais ventilatórias das duas Coortes; das estimativas de emissões das indústrias de Cubatão e do comportamento das condições ambientais dos poluentes prioritários durante o período de Junho/1983 a Dezembro/1989, foi possível concluir:

1) Em relação às estimativas de emissões atmosféricas industriais realizadas pela CETESB:

1.1. Ocorreu uma redução, entre 1984 e 1989, em termos quantitativos das emissões de material particulado e dióxido de enxofre no Município como um todo, mas especialmente nas indústrias localizadas na bacia aérea do rio Mogi (Vila Parisi). (Tab. 8.4)

1.2. Verificou-se um aumento nas emissões de óxidos de nitrogênio nessa mesma bacia aérea, e um relativo decréscimo nas emissões desses poluentes na bacia aérea do rio Cubatão (Cubatão-Centro).

1.3. Não se pôde estabelecer uma conclusão efetiva quanto ao comportamento das estimativas de emissões de hidrocarbonetos não-metânicos e gás cloro (principais precursores na formação do ozona) pela ausência de informações desses itens específicos nos inventários de fontes elaborados pela CETESB no ano de 1989.

1.4. O problema da poluição do ar em tela, pode ser subdividido, do ponto de vista químico, em dois. A poluição **REDUTORA** caracterizada principalmente pelas emissões de material particulado ocorrendo predominantemente na bacia aérea do rio Mogi (Vila Parisi), e a **OXIDANTE**, originária principalmente na área de abrangência do rio Cubatão (Cubatão-Centro).

1.5. As estimativas de emissão das fontes poluidoras realizadas pela CETESB no ano de 1989 foram baseadas nas informações do cadastro de 1984, acrescidas de medições em chaminés, segundo explicações da própria empresa. Parece não ter sido considerada, para efeito de cálculo das estimativas de emissão, a ampliação da produção e do parque industrial ocorridos no período 1984-1989. Isso prejudicou qualquer tentativa de correlacionar as alterações verificadas nas provas funcionais ventilatórias com os níveis de emissões de poluentes por parte das indústrias em cada área de Cubatão utilizada para estudo.

2) Em relação às metas da primeira fase do programa de Controle de Poluição do Ar instituído pela CETESB:

2.1. As emissões de amônia e fluoretos tiveram reduções nominais em torno de 90%, principalmente por parte das indústrias localizadas na bacia aérea do rio Mogi (V.Parisi).

2.2. As emissões de material particulado, meta prioritária do referido programa de controle, não alcançaram o nível previamente estabelecido apesar da proporção de redução chegar, teoricamente, a 75% (em relação à quantificação inicial de 1984).

2.3. As menores proporções de redução foram dos óxidos de enxofre e de nitrogênio. Esses poluentes, no entanto, duplicaram sua participação proporcional na composição da mistura de poluentes existente na atmosfera de Cubatão ao se verificarem os resultados de 1989.

2.4. Não é possível concluir que houve realmente a redução de 87% nas emissões de hidrocarbonetos não-metânicos em 1989 (como indica a Tab. 8.5). As estimativas de emissões tanto de sua maior fonte potencial - a Petrobrás S/A, como das demais indústrias químicas e petroquímicas do conglomerado, não constam nas informações do Cadastro de Fontes de 1989 impedindo as comparações que levaram a tal conclusão (Tab. 8.2; Tab. 8.4).

2.5. As metas de controle de emissões em Cubatão priorizaram a poluição de natureza **REDUTORA** e foram mais efetivas na bacia aérea do rio Mogi (V. Parisi). Entretanto, as emissões de caráter **OXIDANTE** vem se tornando maiores ao longo do tempo e ocorrem principalmente na bacia aérea do rio Cubatão, onde inclusive se distribui a maior parte da população residente no Município.

3) Em relação às concentrações de poluentes medidos pela CETESB:

3.1. As concentrações de Material Particulado (**MP**) expressas pelas médias geométricas anuais mostraram decréscimo no período de 1983-1988, e posterior incremento em 1989.

3.2. Apesar de se verificar que ao longo da série histórica houve uma redução no número de episódios agudos de poluição do ar por **MP**, ainda é alta a proporção de dias em que as concentrações médias diárias superam os **PQAr**.

3.3. A ausência de medidas de **MP** nos anos de 1988 e 1989 na estação amostradora de Vila Nova prejudicou as estimativas de exposição da população residente na Vila Nova (**VNO**) e Vila Natal (**VNA**).

3.4. Os níveis de SO_2 medidos em Cubatão são sistematicamente inferiores aos PQAr. Em face das inúmeras fontes fixas (indústrias) e fontes móveis (veículos automotores) existentes na região, conclue-se que tais concentrações medidas são uma subestimação da realidade.

3.5. Os níveis de oxidantes fotoquímicos, expressas pelas concentrações de ozona registradas em Cubatão, evidenciaram-se muito críticos. O número de episódios de superação dos PQAr duplicaram no período de 1983 a 1987.

3.6. A gravidade dos episódios agudos de poluição por ozona atingiu seus mais altos valores em 1988, em ambas as áreas onde se localizam as estações amostradoras. As concentrações máximas de ozona em 1988 foram duas vezes maiores que em qualquer outra época no período de 1983 a 1989.

3.7. A área de Cubatão-Centro apresenta situações mais graves de poluição por ozona do que a região de Vila Nova, devido à maior proximidade da influência direta do parque industrial.

3.8. Nos meses de verão há persistência (número de horas) de níveis elevados de ozona também no período noturno. Nos meses frios é maior a gravidade (em termos de altas concentrações) e a persistência dos episódios, em função das calmarias e inversões térmicas mais frequentes nesse período.

3.9. O ozona atualmente apresenta-se como o poluente de maior gravidade para a saúde dos habitantes da região.

4) Em relação ao comportamento das provas funcionais ventilatórias nas Coortes 1 e 2 :

4.1. Os resultados dos testes estatísticos indicaram uma tendência geral de progressivo decréscimo na função pulmonar das crianças de ambas as Coortes, quer da Coorte 1 (1983) examinada sempre nos meses quentes, como da Coorte 2 (1985) reexaminada nos meses frios, ao longo do período estudado apesar daquela ainda não ter atingido limites considerados como patológicos.

4.2. A implantação da primeira fase do programa de controle de poluição do ar da CETESB não se fez acompanhar pela melhora dos desempenhos espirométricos das crianças componentes das Coortes 1 e 2.

4.3. As duas coortes apresentaram decrementos anuais progressivos em todas as 9 áreas do Município. As áreas mais críticas, com maior proporção de piora, foram as situadas em locais onde a predominância de certos poluentes (especialmente os oxidantes fotoquímicos) se combinaram com peculiaridades atmosféricas (ventos, calmarias) e topográficas desfavoráveis, ou sejam, Cota 200 (C200), Cota 95 (C95), Jd. das Indústrias (JIN) e Vila Natal (VNA).

4.4. As maiores alterações (maior proporção de redução) ocorreram no "peak-flow" e $FMF_{25-75\%}$ de ambas Coortes, caracterizando um quadro pulmonar predominantemente obstrutivo. No entanto, as alterações progressivas (se bem que de forma mais discreta) que também foram observadas nas variáveis de volume indicam que provavelmente no futuro o quadro pulmonar dessas crianças seja misto - obstrutivo e restritivo.

4.5. As correlações mais frequentes dos coeficientes de declividade nos parâmetros das provas funcionais ventilatórias foram em relação ao ozona. Este

fato permite concluir que a maior ação patológica do material particulado e do dióxido de enxofre, mais comumente considerada nos estudos epidemiológicos revisados na literatura, não seja definitiva.

4.6. A Coorte 2, examinada no inverno, mostrou maiores decrementos funcionais das variáveis de fluxo do que a Coorte 1 que foi examinada no verão.

4.7. Na ausência de infecções das vias respiratórias, e ressalvado o caráter subjetivo inerente ao exame clínico, a explicação para as alterações dessas provas funcionais pode ser atribuída às condições ambientais comuns a essa população estudada.

5) Em relação à metodologia utilizada:

5.1. Houve uma subestimação do melhor desempenho possível da Coorte 1 no seu primeiro exame (1983). A análise dessa Coorte 1 foi prejudicada provavelmente por terem sido considerados secundários alguns detalhes metodológicos relativos a equipamentos, calibração e, principalmente, a interação examinador-examinado.

5.2. Há necessidade de uma estrita supervisão e contínuo encorajamento das crianças para a correta execução da manobra espirométrica, apesar da subjetividade na avaliação desse item por parte do examinador.

5.3. Deve-se manter um estudo de coorte sob rígido protocolo de investigação, com uniformização de procedimentos, equipamentos e calibração até seu final.

5.4. Nos estudos onde a interação examinador-examinado é de fundamental importância para a qualidade dos resultados, é imprescindível que seja o mesmo indivíduo a realizar todos os exames. Isso pode ser quase impossível em estudos de coorte de longo prazo com grande grupo amostral.

5.5. É de fundamental importância a harmonização entre os protocolos de investigação das respostas biológicas das populações à exposição a poluição atmosférica e do monitoramento ambiental onde ocorre essa exposição.

5.6. As provas funcionais ventilatórias mostraram-se excelentes instrumentos de coleta de dados para a compreensão das alterações biológicas devidas a exposição à poluição atmosférica sobre a saúde humana.

5.7. O estudo longitudinal (Coorte) mostrou algumas vantagens sobre o estudo transversal. O cálculo dos coeficientes de declividade da função pulmonar baseado em diversas medidas intervaladas permitiu uma melhor compreensão do comportamento das variáveis espirométricas e suas relações com os níveis de poluentes registrados no mesmo período. O estudo transversal serviu, em uma primeira instância, de triagem para evidenciar as áreas mais problemáticas do Município, porém o estudo longitudinal permitiu verificar quais áreas eram críticas, como evoluíram em função dos níveis de poluição registrados, e também a que tipo de poluente a resposta era mais efetiva.

X - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande variabilidade nos resultados encontrada entre as 9 diferentes áreas estudadas vem demonstrar que outros fatores, além dos níveis ambientais de poluentes, estão agindo conjuntamente afetando a função pulmonar das crianças.

Verificou-se que períodos com elevados picos de ozona (1988) tiveram um efeito agudo e transitório sobre os decrementos do "peak-flow", além de efeitos de menor magnitude sobre o $FMF_{25-75\%}$, que vem retratar um efeito cumulativo persistente.

A causa da persistência dos decrementos funcionais ainda não é totalmente conhecida. Algumas possibilidades incluem alterações irreversíveis na permeabilidade do epitélio pulmonar e mudanças nos padrões de secreção ao nível das vias aéreas condutoras, com implicações muito sérias sobre a saúde do indivíduo, inclusive em etapas posteriores de sua vida.

Em qualquer caso representam uma resposta além daquelas alterações transitórias previamente associadas à exposição a oxidantes em níveis próximos aos "padrões de qualidade do ar" (PQAr). A extensão dessas respostas transitórias, principalmente ao ozona, não pode ser quantificada de forma precisa quando existem respostas que afetam as mesmas funções ventilatórias. No entanto, tudo leva a crer que a magnitude dos decrementos ventilatórios observados, notadamente com a elevação das concentrações ambientais de ozona (por extensão, de seus precursores), reflete a combinação de efeitos transitórios somados aos persistentes, provocados pela exposição a oxidantes em conjunção com os demais poluentes da mistura.

Como ocorre em todos os estudos em populações urbanas, os estudos epidemiológicos da exposição a poluição oxidante não podem atribuir os efeitos sobre a saúde somente aos oxidantes fotoquímicos, pois a poluição fotoquímica do ar se consiste tipicamente em ozona, dióxido de nitrogênio, peroxiacilnitratos, partículas de sulfatos e nitratos, e outros componentes. Entretanto, em geral, os efeitos

observados sobre a saúde correlacionam-se mais fortemente com as concentrações de ozona que com os demais poluentes relacionados.

Caso os decrementos funcionais ventilatórios anuais, bem como os níveis de poluição por oxidantes continuem nessa mesma trajetória evolutiva verificada, esse contexto poderá acarretar sérios e irreparáveis prejuízos à saúde dos habitantes da região em curto espaço de tempo.

Para que não se confirme essa previsão a situação de Cubatão deve ser substancialmente alterada no menor prazo possível, ao que se sugere:

- a manutenção do incentivo ao uso de óleos combustíveis com baixo teor de enxôfre (BTE) ou a eletrificação das fontes poluidoras da região, nos casos em que tal procedimento é viável.

- implementação de providência urgentes visando o controle das fontes emisoras de precursores de ozona (principalmente as indústrias químicas e petroquímicas, além da refinaria de petróleo), seja por meio da instalação de equipamentos anti-poluentes, ou por meio de alterações dos processos tecnológicos.

- a continuação do monitoramento da qualidade do ar, agora com especial ênfase aos oxidantes fotoquímicos (ozona, hidrocarbonetos, gás cloro), com ampliação dos pontos de amostragem em áreas críticas (Cota 95 e 200, Jd. Indústrias), sem deixar de lado os poluentes tradicionalmente estudados (particulados em suspensão e dióxido de enxofre).

- dar toda ênfase ao cumprimento das metas estabelecidas no Programa de Controle da Poluição em Cubatão até seu final, mas além disso, é fundamental estabelecer um rígido programa de manutenção das reduções já obtidas desde sua implantação.

- o estabelecimento de um programa de vigilância sobre as condições de funcionamento dos sistemas de monitoramento dos diferentes poluentes a serem controlados, uma vez que tão ou mais importante que a instalação desses sistemas de monitoramento é a manutenção adequada dos equipamentos de amostragem, no sentido de fornecerem dados confiáveis.

- a implementação por parte dos órgãos ligados à Saúde Pública, de programas de vigilância epidemiológica de agravos à saúde, que possam nortear as políticas de controle de poluição em cada área específica do Município.

A despeito desse estudo prospectivo, que assume características quase que de um estudo preliminar, permitir que se possa afirmar que os níveis de poluição do ar tiveram um efeito sobre a saúde das crianças estudadas, é nossa intenção continuar o seguimento delas e aprofundar a análise para determinar que outras variáveis podem ser coadjuvantes desses achados.

A extensão de abatimento da poluição do ar que as comunidades desejam para seu Meio-Ambiente, e as implicações econômicas que estão dispostas a aceitar para tal propósito são no entanto de exclusiva decisão da própria sociedade.

Ao pesquisador cabe apenas tornar públicos seus achados e informar as possíveis causas determinantes, bem como sugerir medidas para minimizar esse impacto.

Depois de criar o Homem, Deus o conduziu ao Jardim do Eden e disse-lhe:

— “Olhe como é magnífico este mundo que Eu criei para você e lembre-se de que não existe ninguém que possa reconstruir o que você depredar !”

(O TALMUD , KOHELET RABBÁ 9)

XII - BIBLIOGRAFIA

1. AB'SABER, A.N. Contribuição à geomorfologia do Litoral Paulista. *Rev. bras. Geogr.*, 17:3-48, 1955.
2. AGNEW, J.E. et al. The importance of aerosol penetration for lung mucociliary clearance studies. *Chest*, 80:843-845, 1981.
3. AGNEW, J.E. et al. Sedimentational deposition of 5 micron aerosol particles in the small airways of the human lung. *J. Aerosol Sci.*, 15:683-695, 1984.
4. ALEXANDERSSON, R. et al. Exposure to formaldehyde: effects on pulmonary function. *Arch. environ. Hlth*, 37:279-283, 1982.
5. ALMEIDA, M.A.L. de *Inversões térmicas e a relação com os sistemas atmosféricos e a poluição do ar na região da Grande São Paulo e Cubatão. São Paulo, 1988* (Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP).
6. AMDUR, M.O. Aerosols formed by oxidation of sulfur dioxide: review of their toxicology. *Arch. environ. Hlth*, 23:459-468, 1971.
7. ANDERSON, D.O. et al. The Chilliwack respiratory survey 1963: I. Methodology. *Canad. med. Ass. J.*, 92:899-905, 1965.
8. AROSSA, W. et al. Changes in lung function of children after an air pollution decrease. *Arch. environ. Hlth*, 42:170-174, 1987.
9. ATHERTON, C.S. & PENNER, J.E. The transformation of nitrogen oxides in the polluted troposphere. *Tellus*, 40B:380-392, 1988.
10. ATS STATEMENT Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 119:831-838, 1979.
11. ATS STATEMENT Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disease. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 126:1-7, 1982.
12. AVIADO, D.M. & SALEM, H. Acute effects of air pollutants on the lungs. *Arch. environ. Hlth*, 16:903-907, 1968.
13. AXELSON, O. Dealing with the exposure variable in occupational and environmental epidemiology. *Scand. J. soc. Med.*, 13:147-52, 1985.
14. AYRES, S.M. et al. Health effects of exposure to high concentrations of automotive emissions. *Arch. environ. Hlth*, 27:168-178, 1973.
15. AZEVEDO, A. et al. *A Baixada Santista: aspectos geográficos. As bases físicas. São Paulo, Ed. da USP, 1965.*
16. BAILEY, E.M & MEAGHER, J.F. Modeling the effect of ethanol/gasoline blend usage on ozone formation in urban areas. *J. Air Pollut. control Ass.*, 36:808-812, 1986.

17. BAILEY, M.R. et al. Long-term retention of particles in the human respiratory tract. *J. Aerosol Sci.*, 16: 295-305, 1985.
18. BARTH, D.S. Principles of health-related environmental monitoring. U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1981.
19. BATES, D.V. et al. Problems in studies of human exposure to air pollutants. *Canad. med. Ass. J.*, 103:833-837, 1970.
20. BATES, D.V. Air pollutants and the human lung. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 105:1-13, 1972.
21. BECKLAKE, M.R. et al. Respiratory health status of children in three Quebec urban communities: an epidemiological study. *Bull. Eur. Physiopathol. Resp.*, 14:205-221, 1978.
22. BERKEY, C.S. et al. Indoor air pollution and pulmonary function growth in preadolescent children. *Amer. J. Epidemiol.*, 123:250-260, 1986.
23. BIERSTEKER, K.E. & LEEUWEN, P. Air pollution and peak flow rates in schoolchildren in two districts of Rotterdam. *Arch. environ. Hlth*, 20:382-384, 1970.
24. BINDER, R.E. et al. Lung function among black and white children. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 114:955-959, 1976.
25. BINDER, R.E. et al. Importance of the indoor environment in air pollution exposure. *Arch. environ. Hlth*, 277-279, 1976.
26. BJURE, J. Spirometric studies in normal subjects: IV. Ventilatory capacities in healthy children 7-17 years of age. *Acta paediatr. scand.*, 52:232-240, 1963.
27. BLACK, L.F. et al. Variability in the maximal expiratory flow-volume curve. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 110:282-292, 1974.
28. B.M.D.P. - *Statistical software*. Berkeley, University of California Press, 1981.
29. BOCK, R.D. et al. A parameterization for individual growth curves. *Hum. Biol.*, 45:63-80, 1973.
30. BOGÁNYI, G. Algorithmic errors of lung function test analysis. *Acta. physiol. hung.*, 70(2/3):283-287, 1987.
31. BOUHUYS, A. Pressure/flow relations. In: BOUHUYS, A. - *Breathing: physiology, environment and lung disease*. New York, Grune & Stratton Inc., 1974.
32. BOURBON, P. Pollution atmosphérique. Définition: mesures et leur finalités. *Rev. Prat.*, Paris, 26:2271-2276, 1976.

33. BRAGANÇA, C.F. & OPDEBEECK, L.C.C. Formas de habitar em Cubatão: subsídios para a avaliação de Saúde Ambiental. *Ambiente: Rev. CETESB Tecnol.*, 1:48-53, 1987.
34. BRODIE, B.B. & GILLETTE, J.R. *Concepts in biochemical pharmacology*. London, MacMillan Inc., 1971.
35. BURCHFIEL, C.M. et al. Respiratory conditions and pulmonary function in Tecumseh, Michigan. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 133:966-973, 1986.
36. BURGESS, W. et al. Exposure to automobile exhaust. III. An Environmental assessment. *Arch. environ. Hlth*, 26:325-329, 1973.
37. BUSSAB, W.O. Hierarchical dichotomous partition in cluster analysis. London, 1976 (Tese de Doutorado - Universidade de Londres) (mimeo).
38. CASTRANOVA, V. et al. Toxicity of metal ions to alveolar macrophages. *Amer. J. industr. Med.*, 1:349-57, 1980.
39. CETESB. Divisão de Inventário e Cadastro de Fontes. *Inventário de fontes estacionárias de poluição do ar na região de Cubatão.*, São Paulo, 1984.
40. CETESB. Divisão de Inventário e Cadastro de Fontes. *Inventário de fontes estacionárias de poluição do ar na região de Cubatão.* São Paulo, 1987.
41. CETESB. Divisão de Inventário e Cadastro de Fontes. *Inventário de fontes estacionárias de poluição do ar na região de Cubatão.* São Paulo, 1989.
42. CETESB. Diretoria de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana. *Qualidade do ar em Cubatão.* São Paulo, 1982.
43. CETESB. Superintendência de Qualidade Ambiental *Levantamento da distribuição de dióxido de enxôfre na atmosfera de Cubatão.* São Paulo, 1984.
44. CETESB. Superintendência de Qualidade Ambiental. *Avaliação da qualidade do ar na Região da Grande São Paulo e Cubatão.* São Paulo, 1984.
45. CETESB. Poluição do ar. (Apresentado no Seminário sobre efeitos da poluição atmosférica sobre o Meio Ambiente. São Paulo, 1984. (separata).
46. CETESB. Gerência de Ecotoxicologia - *Estudo epidemiológico dos agravos respiratórios na população do Município de Cubatão correlacionados com os níveis de poluição química da atmosfera.* São Paulo, 1984.
47. CETESB. Gerência de Poluição do Ar - *Meteorologia local no Município de Cubatão.* São Paulo. São Paulo, 1984.

48. CETESB. *Baixada Santista: carta do meio ambiente e sua dinâmica*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 1985.
49. CETESB. *Avaliação da qualidade do ar na Serra do Mar*. 1ª Etapa. Levantamento do Vale do Mogi, Cubatão(SP); relatório, São Paulo, 1986.
50. CETESB. Superintendência de Qualidade do Ar. *Avaliação da qualidade do ar na Região da Grande São Paulo e Cubatão 1986*. São Paulo, 1987.
51. CETESB. Superintendência de Qualidade do Ar. *Avaliação da qualidade do ar na Região da Grande São Paulo e Cubatão 1987*. São Paulo, 1988.
52. CETESB. Superintendência de Qualidade do Ar. *Relatório da qualidade do ar na Região da Grande São Paulo e Cubatão 1989*. São Paulo, 1990.
53. CHARPIN, D. et al. Répercussions cliniques et spirométriques d'une exposition chronique aux polluants atmosphériques chez des enfants de la région du bassin des Gardanne. *Rev. Pneumol. clin.*, 44:64-67, 1988.
54. CHECKOWAY, H & HICKEY, J.L.S. Estimating the potential disease rate reduction under varying conditions of combined effects. *Int. J. Epidemiol.*, 17:666-672, 1988.
55. CHERNIACK, R.M. & RABER, M.D. Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 106:38-46, 1972.
56. CHIARAMONTE, L.T. et al. Air pollution and obstructive respiratory disease in children. *N. Y. J. Med.*, 70:394-398, 1970.
57. CHOCK, D.P. & HEUSS, J.M. Urban ozone and its precursors. *Environ. Sci. Technol.*, 21:1146-1153, 1987.
58. CHRETIEN, J. La pollution atmosphérique: Introduction. *Rev. Prat. Paris*, 26:2265-2267, 1976.
59. COFFIN, D.L. et al. Influence of ozone on pulmonary cells. *Arch. environ. Hlth*, 16:633-636, 1968.
60. COLLEY, J.R.T. & REID, D.D. Urban and social origins of childhood bronchitis in England and Wales. *Brit. med. J.*, 2:213-217, 1970.
61. COLLEY, J.R.T. et al. Respiratory disease in young adults: influence of early childhood lower respiratory tract illness, social class, air pollution and smoking. *Brit. med. J.*, 3:195-198, 1973.
62. COLLIER, A.M. et al. Spirometric changes in normal children with upper respiratory infections. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 117:47-53, 1978.

63. COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE CUBATÃO - *Qualidade ambiental em Cubatão: subsídios para uma política de ação*; Relatório da Subcomissão de Poluição do Ar, Água e Resíduos Sólidos, (Decr. 87000) São Paulo, 1982, 96p.
64. COOPER, W.C. et al. Biological effects of nitrogen dioxide in relation to air quality standards. *Arch. environ. Hlth*, 12:522-530, 1966.
65. CORN, M. Observations from a 26-year sulfur dioxide area survey. *Arch. envir. Hlth*, 12:445-451, 1966.
66. COULTAS, D.B. et al. Spirometric prediction equations for hispanic children and adults in New Mexico. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 138:1386-1392, 1988.
67. COX, C.P. *A handbook of introductory statistical methods*. New York, John Wiley & Sons, 1987.
68. CRAPO, R.O. et al. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 123:659-664, 1981.
69. DARNALL, K.R. et al. Reactivity scale for atmospheric hydrocarbons based on reaction with hydroxyl radical. *Environ. Sci. Technol.*, 10:692-696, 1976.
70. DASSEN, W. et al. Decline in children's pulmonary function during an air pollution episode. *J. Air Pollut. control Ass.*, 36:1223-1227, 1986.
71. DAYMAN, H. The expiratory spirogram. *J. clin. Invest.*, 40:842-855, 1960.
72. DE SANTIS, V. & ONUFRIO, G. Health risks of SO₂ released from coal-fired plants: a model for general evaluations. *Environ. Res.*, 41:130-138, 1986.
73. DICKMAN, M.L. et al. Spirometric standards for normal children and adolescents (ages 5 years through 18 years). *Amer. Rev. resp. Dis.*, 104:680-687, 1971.
74. DIX, H.M. *Environmental pollution*. Chichester, John Wiley & Sons, 1981, pp:56-71.
75. DOCKERY, D.W. et al. Change in pulmonary function in children associated with air pollution episodes. *J. Air Pollut. control Ass.*, 32:937-942, 1982.
76. DOCKERY, D.W. et al. Distribution of forced vital capacity and forced expiratory volume in one second in children six to eleven years of age. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 128:405-412, 1983.
77. DODGE, R. The respiratory health of school children in smelter communities. *Amer. J. Industr. Med.*, 1:359-364, 1980.

78. DODGE, R. The respiratory health and lung function of Anglo-American children in a smelter town. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 127:158-161, 1983.
79. DODGE, R. et al. A longitudinal study of children exposed to sulfur oxides. *Amer. J. Epidem.*, 121:720-736, 1985.
80. DOLOVICH, M. et al. Aerosol prenatration into the lung. *Chest*, 80(6 suppl):834-836, 1981.
81. DOUGLAS, J.W.B. & WALLER, R.E. Air pollution and respiratory infections in children. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 20:1-8, 1966.
82. DRAPER, N.R. *Applied Regression Analysis*. New York, John Willey & Sons, 1966.
83. EATOUGH, D.J. & HANSEN. L.D. S(IV) Chemistry in smelter produced particulate matter. *Amer. J. industr. Med.*, 1:435-448, 1980.
84. ECONOMOPOULOS, A.P. Development of the five-year air pollution abatement plan for the Greater Athens area. *J. Air Pollut. control Ass.*, 37:889-897, 1987.
85. ERLICH, R.J. et al. Health effects of short-term inhalation of nitrogen dioxide and ozone mistures. *Environ. Res.*, 14:223-231, 1977.
86. EISENBERG, J.D. & WALL, M.A. Pulmonary function testing in children. *Clin. Chest Med.*, 8:661-667, 1987.
87. EMIK, L.O. et al. Biological effects of urban air pollution: Riverside summary. *Arch. environ. Hlth*, 23:335-342, 1971.
88. ENRIGHT, P. Spirometer use helps detect lung disease in time for treatment. *Occup. Hlth Saf.*, 55:74-77, 1986.
89. EVANS, G.W. et al. Human adaptation to smog. *J. Air Pollut. control Ass.*, 32:1054-1057, 1982.
90. FERNÍCOLA, N.A.G.G. & AZEVEDO, F.A. de *Estudo toxicológico dos principais poluentes ambientais: anidrido sulfuroso, amônia, hidrocarbonetos aromáticos*. São Paulo, CETESB, Gerência de Ecotoxicologia, 1979.
91. FERRARI, B.T. Monóxido de carbono: destrói, provoca doenças e pode matar. *Rev. bras. Clin. Terap.*, 10:545-549, 1981.
92. FERRARI, B.T. Cubatão: município condenado. *Rev. bras. Clin. Terap.*, 10:549-551, 1981.
93. FERRIS, B.G. et al. Spirometry for an epidemiologic study: deriving optimum summary statistics for each subject. *Bull. Eur. Physiopathol. Resp.*, Nancy, 14:145-166, 1978.

94. **FERRIS, B.G. et al.** Recommended respiratory disease questionnaires for use in epidemiological research. Epidemiological standardization project. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 118(Suppl 2):55-58, 1978.
95. **FERRIS, B.G. et al.** Effects of sulfur oxides and respirable particulates on human health: I. Methodology and demography of populations in study. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 120:767-779, 1979.
96. **FERRON, G.A. et al.** Comparison of experimental and calculated data for the total and regional deposition of aerosol particles in the human lung. *J. Aerosol Sci.*, 16:133-143, 1985.
97. **FISCHER, F.M. & HOFMEISTER, V.A.** The effects of air pollution at different seasons on lung function of normal schoolchildren in Cubatão(SP Brazil). In: MANNINEN, O. & OKADA, A. Recent advances in researches on the combined effects of environmental factors. Ed. Kyoei, Kanazawa, Japan, 1987, pp:525-545.
98. **FISCHER, F.M. et al.** Ventilatory performance of children during morning and afternoon periods. (Apresentado na 18ª Internacional Conference of the International Society for Chronobiology. Leiden, Holanda, 1987).
99. **FLOREY, C. du V. & LEEDER, S.R.** *Methods for cohort studies of chronic air flow limitations*. Geneva, World Health Organization (WHO, European Series, nº 12), 1982.
100. **FRENCH, J.G. et al.** The effect of sulfur dioxide and suspended sulfates on acute respiratory disease. *Arch. environ. Hlth*, 27:129-133, 1973.
101. **FRY, D.L. & HYATT, R.E.** Pulmonary mechanics: a unified analysis of the relationship between pressure, volume and gas flow in the lung of normal and diseased human subjects. *Amer. J. Med.*, 29:672-689, 1969.
102. **GAP** Conference Committee, Cystic Fibrosis Fundation. Standardization of lung function testing in children. *J. Pedriat.*, 97:668-676, 1980.
103. **GARDNER, M.B.** Biological effect of urban air pollution. *Arch. environ. Hlth*, 12:305-313, 1966.
104. **GERRITY, T.R. et al.** Theoretic analisys of sites of aerosol depositions in the human lung. *Chest*, 80:898-900, 1981.
105. **GERVAIS, P.** Prévention de la pollution atmosphérique urbaine. *Rev. Prat. Paris*, 26:2345-2351, 1976.
106. **GILLI, G. et al.** Air pollution and health: a descriptive study among populations of the urban area of Turim. *Atm. Environ.*, 22:193-194, 1988.
107. **GLEZEN, W.P. & DENNY, F.W.** Epidemiology of acute lower respiratory disease in children. *New. Engl. J. Med.*, 288:498-505, 1973.

108. GLINDMEYER, H.W. et al. Noncomparability of longitudinally and cross-sectionally determined annual change in spirometry. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 125: 544-548, 1982.
109. GODINHO, R. et al. Estudo comparativo entre medições de poeira em suspensão na atmosfera efetuadas pelo método do amostrador de grandes volumes (HiVol) e pelo método de atenuação de radiações beta (Monitor Beta. Apresentado no 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 1985.
110. GOECKENJAN, G. Rationelle lungenfunktionsdiagnostik. *Dtsch Med. Wochenschr.*, 113:344-347, 1988.
111. GOREN, A.I et al. Longitudinal study of respiratory conditions among schoolchildren in Israel: interim report of an epidemiological monitoring program in the vicinity of a new coal-fired power plant., *Arch. environ. Hlth*, 43:190-194, 1988.
112. GOTTINGER, H.W. Air pollution health effects in the Munich Metropolitan Area: preliminary results based on a statistical model. *Environ. Int.*, 9:207-220, 1983.
113. GRIMMER, G. & BÖHNKE, H. Bestimmung des gesamtgehaltes aller polycychischen aromatischen kohlenwasserstoffe in luftstaub und kraftfahuzengabgas mit der capillar-gaschromatographie. *Z. Anal. Chem.*, 261:310-314, 1972.
114. GROSJEAN, D. & FUNG, K. Hydrocarbons and carbonyls in Los Angeles air. *J. Air Pollut. control Ass.*, 34:537-543, 1984.
115. GROSS, P. & DETREVILLE, R.T.P. The lung as an embattled domain against inanimate pollutants. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 106:684-691, 1972.
116. GROSSER, P.J. et al. Vitalkapazität und atemstosstest bei schulkindern der 4 bzw 5 klasse in lufthygienisch unterschiedlich belasteten gebieten. *Z. Erkr. Atmungsorgane*, 134:225-265, 1971.
117. GRUPO DE ESTUDOS DE POLUIÇÃO DO AR (GEPA) *Avaliação preliminar da qualidade do ar em Cubatão*. Experiência SEMA/IFUSP, Relatório final. Instituto de Física da USP, SÃO Paulo, 1982.
118. HAAGSMAN, H.P. & VAN GOLDE, M.G. Lung surfactant and pulmonary toxicology. *Lung*, 163:275-303, 1985.
119. HAEBISCH, H. *Fundamentos de fisiologia respiratória humana*. São Paulo, Ed. USP, 1980.
120. HAJIMIRAGHA, H. et al. Human exposure to volatile halogenated hydrocarbons from the general environment. *Int. Arch. occup. environ. Hlth*, 58:141 -150, 1986.

121. HALL, D. B. Analysis of surveillance data: a rationale for statistical tests with comments on confidence intervals and statistical models. *Stat. Med.*, 8:273-278, 1989.
122. HANKINSON, J.L. et al. Effect of spirometer temperature on measurement of FEV_{1.0} shift changes. *J. occup. Med.*, 28:122-25, 1986.
123. HANSEN, D.J. et al. Computerized spirometry using a portable microcomputer. *Amer. industr. Hyg. Ass. J.*, 46:373-378, 1985.
124. HARBER, P. et al. Statistical "biases" in respiratory disability determinations. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 128:413-418, 1983.
125. HARRINGTON, W. & KUPNICK, A.J. Short-term nitrogen dioxide exposure and acute respiratory disease in children. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:1061-1067, 1985.
126. HASSELBLAD, V. et al. Indoor environment determinants of lung function in children. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 123:479-485, 1981.
127. HATTIS, D. & KENNEDY, D. Assessing risks from health hazards: an imperfect science. *Techn. Rev.*, :60-71, 1986.
128. HATZAKIS, A. et al. Short-term effects of air pollution on mortality in Athens. *Int. J. Epidem.*, 15:73-81, 1986.
129. HEDENSTROM, H. & MALMBERG, P. Optimal combinations of lung function tests in the detection of various types of early lung disease. *Eur. J. respir. Dis.*, 71: 273-285, 1987.
130. HEIDAM, N.Z. Atmospheric aerosol factor model, mass and missing data. *Atmos. Environ.*, 16:1923-1931, 1982.
131. HEINMANN, H. Status of air pollution health research - 1966. *Arch. environ. Hlth*, 14:488-492, 1967.
132. HEYDER, J. & RUDOLF, G. Mathematical models of particle deposition in the human respiratory tract. *J. Aerosol Sci.*, 15:697-707, 1984.
133. HILL, A.B. The environment and disease: association or causation? *Proc. roy. Soc. Med.*, 58:295-300, 1965.
134. HOFMEISTER, V.A. & FISCHER, F.M. Spirometric changes in normal children living in different areas with air pollution. In: MANNINEN, O. & OKADA, A. - Recent advances in researches on the combined effects of environmental factors. Ed. Kyoei, Kanazawa, Japan, 1987, pp:525-545.

135. HOFMEISTER, V.A. A poluição do ar em Cubatão e seus efeitos sobre a função pulmonar em crianças pré-escolares. (Relat. de Pesquisa, apres. à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1987.
136. HOGG, J.C. et al. Site and nature of airway obstruction in chronic obstructive lung disease. *New Engl. J. Med.*, 278:1355-1360, 1968.
137. HOLLAND, W.W. Factors influencing the onset of chronic respiratory disease. *Brit. med. J.*, 2:205-208, 1969.
138. HOLLAND, W.W. et al. Respiratory symptoms and ventilatory function: a family study. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 23:77-84, 1969.
139. HSI, B. P. et al. Ventilatory function of normal children and young adults: mexican-american, blacks and whites. III Sitting height as a predictor. *J. Pediatr.*, 102:860-865, 1983.
140. HSU, K.H.K. et al. Ventilatory functions in normal children and young adults - Mexican-american, white, and black. I.Spirometry. *J. Pediatr.*, 95:14-23, 1979.
141. HUETER, F.G. et al. Biological effects of atmosphere contaminated by auto exhaust. *Arch. environ. Hlth*, 12:553-560, 1966.
142. HYNES, B. et al. Effects of ozone exposure: a comparison between oral and nasal breathing. *Arch. envir. Hlth*, 43:357-360, 1988.
143. IMAI, M. et al. A survey of health effects studies of photochemical air pollution in Japan. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:103-108, 1985.
144. JUTZGE, G.A. Recommended standard method for atmospheric sampling of fine particulate matter by filter media. *J. Air Pollut. control Ass.*, 17:17-25, 1967.
145. KANNER, R.E. et al. Spirometry in children: methodology for obtaining optimal results for clinical and epidemiological studies. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 127: 720-724, 1983.
146. KAPP, M. et al. The shape of the maximum expiratory flow-volume curve. *Chest*, 94:799-806, 1988.
147. KERIGAN, A.T. et al. A three-year cohort study of a role of environmental factors in the respiratory health of children in Hamilton, Ontário: Epidemiological survey design, methods and description of cohort. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 133:987-993, 1966.
148. KHOURY, M. et al. Genetic-Environment interactions in chronic airways obstruction. *Int. J. Epidemi.*, 15:65-72, 1986.

149. KIM, Y.S. Air pollution, climate, socioeconomic status and total mortality in the United States. *Sci. total Environ.*, 42:245-256, 1985.
150. KINNEY, P.L. et al. A critical evaluation of acute ozone epidemiology results. *Arch. envir. Hlth*, 43: 168-173, 1988.
151. KIERNAN, K.E. et al. Chronic cough in young adults in relation to smoking habits, childhood environment and chest illness. *Respiration*, 3B:236-274, 1976.
152. KLEINMAN, M.T. et al. Effects of 0.2 ppm nitrogen dioxide on pulmonary function and response to broncho provocation in asthmatics. *J. Toxicol. environ. Hlth*, 12:815-826, 1983.
153. KLEINMAN, M.T. Sulfur dioxide: relationship between response and absorption in upper airways. *J. Air Pollut. control Ass.*, 34:32-37, 1984.
154. KLEINMAN, M.T. et al. Controlled exposure to a mixture of SO₂, NO₂, and particulate air pollutants: effects on human pulmonary function and respiratory symptoms. *Arch environ. Hlth*, 40:197-201, 1985.
155. KNUDSON, R.J. et al. The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability and effect of age. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 113:587-600, 1976.
156. KNUDSON, R.J. et al. The maximal expiratory flow-volume curve: its use in the detection of ventilatory abnormalities in a population study. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 114:871-879, 1976.
157. KOENIG, J.Q. Indoor and outdoor pollutants and upper respiratory tract. *J. Allergy clin. Immunol.*, 81:1055-1059, 1988.
158. KORHONEN, O. Methodological aspects of lung function studies. *Eur. J. resp. Dis.*, 154:90-93, 1987.
159. KULLE, T.J. et al. Pulmonary effects of sulfur dioxide and respirable carbon aerosol. *Environ. Res.*, 41:239-250, 1986.
160. KUNTASAL, G & CHANG, T.Y. Trends and relationships of O₃, NO_x, and HC in the South Coast Air Basin of California. *J. Air Pollut. control Ass.*, 37:1158-1163, 1987
161. LARSEN, R.I. et al. An air quality data analysis system for interrelating effects, standards, and needed source reductions: part 7. An O₃ - SO₂ leaf injury mathematical model. *J. Air Pollut. control Ass.*, 33:198-204, 1983.
162. LARSEN, R.J. & HECK, W.W. An air quality data analysis system for interrelating effects, standards, and needed source reduction: part 9. Calculating effective ambient air quality parameters. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35: 1274-1279, 1985.

163. LEAHEY, D.M. & HANSEN, M.C. Meteorological evidence for greater dispersion of elevated plumes. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:828-830, 1985.
164. LEBEAU, R. et al. Principaux mécanismes de défense de l'appareil respiratoire contre la pollution. *Rev. Prat.*, Paris, 26:2283-2291, 1976.
165. LEBOVITZ, M.D. et al. Health and the urban environment: XII The incidence and burden of minor illness in a healthy population - duration, severity, and burden. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 106:835-841, 1972.
166. LEBOWITZ, M.D. et al. Health and the urban environment: XIII The incidence and burden of minor illness in a healthy population-familiar spread. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 106:842-848, 1972.
167. LEBOWITZ, M.D. et al. Significance of intraindividual changes in maximum expiratory flow-volume and peak expiratory flow measurements. *Chest*, 81:566-570, 1982.
168. LEBOWITZ, M.D. et al. Indoor-Outdoor air pollution, allergen and meteorological monitoring in an arid southwest area. *J. Air Pollut. control Ass.*, 34:1035-1038, 1984.
169. LEBOWITZ, M.D. et al. Respiratory symptoms and peak flow associated with indoor and outdoor air pollutants in the Southwest. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:1154-1158, 1985.
170. LEE, J. An insight on the use of multiple logistic regression analysis to estimate association between risk factor and disease occurrence. *Int. J. Epidem.*, 15:22-29, 1986.
171. LEEDER, S.R. et al. Maximal expiratory flow-volume curves in children: changes with growth and individual variability. *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 10:452-457, 1974.
172. LEEDER, S.R. et al. Assessment of ventilatory function in an epidemiological study of Sydney schoolchildren. *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 10:635-641, 1974.
173. LEEDER, S.R. et al. Influence of personal and family factors on ventilatory function of children. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 30:219-224, 1976.
174. LEFOHN, A.S. & MOHNEN, V.A. The characterization of ozone, sulfur dioxide, and nitrogen dioxide for selected monitoring sites in the Federal Republic of Germany. *J. Air Pollut. control Ass.*, 36:1329-1337, 1986.
175. LEUALLEN, E.C. *Maximal Midexpiratory flow*. Minneapolis 1955 (Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de Minnesota).

176. LEVENE, H. Robust test for equality of variance, In: OLKIN, I. Ed.. *Contributions to probability and statistics*. Palo Alto, California. Stanford University Press, 1960.
177. LINDQUIST, O. et al. Low temperature thermal oxidation of nitric oxide in polluted air. *Atm. Environ.*, 16:1957-1972, 1982.
178. LIOY, P.J. et al. Persistence of peak flow decrement in children following ozone exposures exceeding the National Ambient Air Quality Standard. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:1068-1071, 1985.
179. LIOY, P.J. et al. *The design considerations for ozone and acid aerosol exposure and health investigations: the Fairview Lake Summer-Camp photochemical smog case study*. (Presentado no 79 Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Minneapolis, Minnesota, 1986).
180. LIPPMANN, M. et al. Effects of sulfuric acid aerosol inhalations. *Amer. J. industr. Med.*, 1:375-381, 1980.
181. LIPPMANN, M. et al. Deposition, retention and clearance of inhaled particles. *Brit. J. industr. Med.*, 37:337-362, 1980.
182. LIPPMANN, M. et al. The effects of irritant aerosols on mucus clearance from large and small conductive airways. *Chest*, 80:873-876, 1981.
183. LIPPMANN, M. & LIOY, P.J. Critical issue in air pollution epidemiology. *Environ. Hlth Perspec.*, 62:243-258, 1985.
184. LIPPMANN, M. Health significance of pulmonary function responses to airborne irritants. *J. Air Pollut. control Ass.*, 38:881-887, 1988.
185. LIPPMANN, M & THURSTON, G.D. Exposure assessment: input into risk assessment. *Arch. environ. Hlth*, (43):113-123, 1988.
186. LIPPMANN, M. Health effects of ozone: a critical review. *J. Air Pollut. control Ass.*, 39:672-695, 1989.
187. LUNDQUIST, M. Predicting toxic effects of chemicals from their fundamental properties. *Amer. industr. Hyg. Ass. J.*, 49:A314-A315, 1988.
188. LUNN, J.E. Respiratory measurements of 3,556 Sheffield Schoolchildren. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 19:115-126, 1965.
189. LUNN, J.E. et al. Patterns of respiratory illness in Sheffield infant schoolchildren. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 21:7-16, 1967.
190. LUNN, J.E. et al. Patterns of respiratory illness in Sheffield junior school-children: a follow-up study. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 24:223-228, 1970.

191. MACFADDEN, E.R. & LYONS, H.A. Serial studies of factors influencing airway dynamics during recovery from asthma attacks. *J. appl. Physiol.*, 27:452-459, 1969.
192. MACKLEM, P.T. et al. Workshop on screening programs for early diagnosis of airway obstruction. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 109:567-571, 1974.
193. MALO, J.L. et al. Cold air inhalation has a cumulative bronchospastic effect when inhaled in consecutive doses for progressively increasing degrees of ventilation. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 134:990-993, 1986.
194. MANZHENKO, E.G. Effect of atmospheric pollution on the health of children. *Gig. Sanit.*, 31:126-128, 1966.
195. MARTIN, A.E. Mortality and morbidity statistics and air pollution. *Proc. roy soc. Med.*, 57:969-973, 1964.
196. MASSEY, D. G. & FOURNIER-MASSEY, G. Japanese-American pulmonary reference values: Influence of environment on anthropology and physiology. *Environ. Res.*, 39:418-433, 1986.
197. MEAD, J. et al. Significance of the relationship between lung recoil and maximal expiratory flow. *J. appl. Physiol.*, 22:95-108, 1967.
198. MEAD, J. The lungs "quiet zone". *New Engl. J. Med.*, 282:1318-1319, 1970
199. MEADE, F. et al. Automatic measurement of lung function. (letter) *Lancet*, 2:573, 1965.
200. MELIA, R.J.W. et al. Childhood respiratory illness and the home environment: I. Relations between nitrogen dioxide, temperature and relative humidity. *Int. J. Epidem.*, 11:155-163, 1982.
201. MELIA, R.J.W. et al. Childhood respiratory illness and the home environment: II Association between respiratory illness and nitrogen dioxide, temperature and relative humidity. *Int. J. Epidem.*, 11:164-174, 1982.
202. MENDELSON, R. & ORCUTT, G. An empirical analysis of air pollution dose-response curves. *Environ. econ. Manage.*, 6:85-106, 1979.
203. MENDES, R. & WAKAMATSU, C.T. Avaliação de efeitos agudos da poluição do ar sobre a saúde, através do estudo da morbidade diária em São Caetano do Sul. (Estudo Preliminar); Relatório. São Paulo, CETESB, 1976.
204. MILFORD, J.B. & DAVIDSON, C.I. The sizes of particulate trace elements in the atmosphere - a review. *J. Air Pollut. control Ass.*, 35:1249-1260, 1985.
205. MILLER, E.A. et al. Cubatão aerosol source apportionment study: final report. Oregon, NEA, 1984.

206. MILLER, F.J. A mathematical model for transport and removal of ozone in mammalian lungs. Chapel Hill 1977 (Tese de Doutorado. Universidade da Carolina do Norte).
207. MILLER, M.R. & PINCOCK, A.C. Predicted values: how should use them? *Thorax*, 43:265-267, 1988.
208. MILLER, W.F. et al. Relationship between fast vital capacity and various timed expiratory capacities. *J. appl. Physiol.*, 14:157-163, 1959.
209. MORGAN, W.K.C. The respiratory effects of particles, vapours, and fumes. *Amer. industr. Hyg. Ass. J.*, 47:670-673, 1986.
210. MOTOYAMA, E.K. Airway function tests in infants and children. *Int. Anesthesiol. Clin.*, 26:6-13, 1988.
211. MUNSHI, U. & PATIL, R.S. A method for selection of air quality monitoring sites for multiple sources. *Atm. Environ.*, 16:1915-1918, 1982.
212. MURGEL, E.M. Impacto Ambiental do PROCONVE. *Ambiente: Rev. CETESB Tecnol.*, 1:62-69, 1987.
213. McBRIDE, J.T. et al. Pulmonary function tests. *Pediat. Clin. North Amer.*, 26:537-551, 1979.
214. McJILTON, C.E. et al. Influence of relative humidity on functional effects of an inhaled SO₂-aerosol mixture. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 113:163-169, 1976.
215. NEFUSSI, N. Poluentes atmosféricos. (Apresentado à Mesa Redonda Conservação do Meio-Ambiente e Controle da Poluição do VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Salvador(BA), 1973.
216. NELSON JR., I. Cubatão, an environmental time bomb. *Airplan*, 2:1-10, 1986.
217. NEUKIRCH, F. et al. Spirometry and maximal expiratory flow-volume curve reference standards for polynesian, european and chinese teenagers. *Chest*, 94:792-798, 1988.
218. NOGUEIRA, D.P. Efeitos da poluição do ar sobre a saúde. (Apresentado ao Seminário sobre Poluição do Ar, São Paulo), 1966
219. OETTINGEN, W.F. von *Carbon Monoxide: its hazards and the mechanism of its action*. Cincinnati, Public Health Services (Public Health Bull. nº 290), 1944.
220. OLIVEIRA, S. & SAGULA, M.A.L.A. Episódio de poluição do ar em Cubatão devido à ocorrência de condições críticas para dispersão de poluentes. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 3. Belo Horizonte, MG, 1984. Resumos, Belo Horizonte, p.9.

221. OLIVER, C. et al. Comparison of two definitions of abnormality on pulmonary outcome in epidemiological studies. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 133:825-829, 1986.
222. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS) Principios y metodos para evaluar la toxicidad de las sustancias quimicas. Part I. Mexico, 1980. (*Criterios de Salud Ambiental* 6. *Public. Cientifica* 402)
223. OSCHERWITZ, M. et al. Differences in pulmonary function in various racial groups. *Amer. J. Epidem.*, 96:319-327, 1972.
224. OTTAWAY, J.H. *The biochemistry of pollution*. New York. Ed. Edward Arnold, 1980.
225. OZONOFF, D. et al. Health problems reported by residents of neighborhood contaminated by a hazardous waste facility. *Amer. J. industr. Med.*, 11:581-597, 1987.
226. PACCAGNELLA, B. et al. Immediate effects of air pollution on health of schoolchildren in some districts of Ferrara. *Arch. environ. Hlth*, 18:495-502, 1969.
227. PELZER, A.M. & THOMPSON, M.L. Effect of age, sex, stature, and smoking habits on human airway conductance. *J. appl. Physiol.*, 21:469-476, 1966.
228. PENGELLY, L.D. et al. The Hamilton study: distribution of factors confounding the relationship between air quality and respiratory health. *J. Air Pollut. control Ass.*, 34:1039-1043, 1984.
229. PEREIRA Jr., A. Cubatão: veneno no ar. (Relatório à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 1983).
230. PETRILLI, F.L. et al. Epidemiologic studies of air pollution effects in Genoa, Italy. *Arch. environ. Hlth*, 12:733-740, 1966.
231. PETROBRAS Em 1984 Cubatão tinha 320 fontes de poluição. Hoje tem 127. O Estado de São Paulo, São Paulo, 5.Nov.1986, p. 11.
232. PICKLES, J.H. Air pollution estimation error and what it does to epidemiologic analysis. *Atmos. Environ.*, 16:2241-2245, 1982.
233. POLGAR, G. & PROMADHAT, R. *Pulmonary function testing in children: techniques and standards*. Saint Louis, W.B. Saunders Co, 1971.
234. POLGAR, G. & WENG, T.R. The functional development of the respiratory system from the period of gestation to adulthood. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 120:625-695, 1979.
235. QUANJER, H. et al. Compilation of reference values for lung function measurements in children. *Eur. Respir. J.*, 2(Suppl.4): 184S-261S, 1989.

236. RAMADE, F. *Écotoxicologie*. Paris, Masson Ed., 1977 pp:119-146.
237. READ, C. Even low levels of ozone in smog harm the lungs. *New Scient.*, 9:40, 1989.
238. RIBEIRO, H.P. Estudo das correlações entre infecções das vias aéreas superiores, bronquite asmática, e poluição do ar em menores de 12 anos em Santo André. (Relatório do Centro de Estudos da Fundação de Assistência à Infância de Santo André), 1969.
239. RIBEIRO, H.P. et al. Estudo da Função Ventilatória em escolares vivendo em áreas com diferentes níveis de poluição do ar. (Relatório apresentado à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1976.
240. RINDEL, A. et al. Correlating health effects with indoor air quality in kindergartens. *Int. Arch. occup. environ. Hlth*, 59:363-373, 1987.
241. ROBERTSON, P.C. et al. Effects of inspiratory flow rate on regional distribution of inspired gas. *J. appl. Physiol.*, 26:438-443, 1969.
242. ROSNER, B. The analysis of longitudinal data in epidemiologic studies. *J. chron Dis.*, 32:163-173, 1979.
243. ROSSITER, C.E. & WEILL, H. Ethnic differences in lung function: evidence for proportional differences. *Int. J. epidem.*, 3:55-61, 1974.
244. RUPPEL, G. *Manual of pulmonary function testing*. Saint Louis, C.V.Mosby Co., 1975.
245. SAGULA, M.A.L.A. e OLIVEIRA, S. *Correlação entre velocidade do vento e estabilidade atmosférica pelo Radar Acústico*. (Apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador, Bahia, 1985).
246. SANTOS, S. S. M. dos Degradação ambiental e seus efeitos sobre os seres vivos e materiais. *R. bras. Geogr.*, 49:31-45, 1987.
247. SARIC, M. et al. Effects of urban air pollution on school-age children. *Arch. environ. Hlth*, 36:101-108, 1981.
248. SATO, A. & NAKAJIMA, T. Pharmacokinetics of organic solvent vapours in relation to their toxicity. *Scand. J. soc. Med.*, 13:81-93, 1987.
249. SCHACHTER, E.N. et al. Airway effects of low concentrations of sulfur dioxide: dose-response characteristics. *Arch. environ. Hlth*, 39:34-42, 1984.
250. SCHLESSINGER, R.B. Effects of inhaled acids on respiratory tract defense mechanisms. *Environ. Hlth Perspect.*, 63:25-38, 1985.

251. SCHRYER, D.R. et al. Synergistic effects in trace gas-aerosol interaction. *Science*, 209:723-725, 1980.
252. SCHWARTZ, J.D. et al. Analysis of spirometric data from a National Sample of Healthy 6 to 24-years-olds (NHANES II). *Amer. Rev. resp. Dis.*, 138:1405-1414, 1988.
253. SCHWARTZ, J.D. et al. Sex and race differences in the development of lung function. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 138:1415-1421, 1988.
254. SEINFELD, J.H. *Air pollution - physical and chemical fundamentals*. New York, McGraw-Hill Ed., 1975.
255. SEXTON, K. & WESTBERG, H. Photochemical ozone formation from petroleum refinery emissions. *Atmos. environ.*, 17(3):467-475, 1983.
256. SHEPPARD, D. Mechanism of acute increase in airway responsiveness caused by environmental chemicals. *J. Allergy clin. Immunol.*, 81:128-132, 1988.
257. SHOENBERG, J.B. et al. Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. *Resp. Physiol.*, 33:367-393, 1978.
258. SHY, C.M. et al. The Chatanooga schoolchildren study: Effects of community exposure to nitrogen dioxide: I. Methodes, description of pollutant exposure and results of ventilatory function testing. *J. Air Pollut. control Ass.*, 20:390-45, 1970.
259. SHY, C.M. et al. Air pollution effects on ventilatory function of U.S. schoolchildren. *Arch. environ. Hlth*, 27:124-128, 1973.
260. SOBOL, B.J. & SOBOL, P.G. Percent of predicted as the limit of normal in pulmonary function testing: a statistically valid approach. *Thorax*, 34:1-3, 1979.
261. SPEIZER, F.E. et al. Respiratory disease rate and pulmonary function in children associated with NO₂ exposure. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 121:3-10, 1980.
262. SPEKTOR, D.M. et al. Effects of ambient ozone on respiratory function in children: Summary of preliminary analysis. New York NYU-Harvard-EPA Study, 1984 (mimeografado).
263. SPEKTOR, D.M. et al. Effects of ambient ozone on respiratory function in active normal children. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 137:313-320, 1988.
264. SPENGLER, J.D. et al. Sulfur dioxide and nitrogen dioxide levels inside and outside homes and the implications on health effects research. *Environ. Sci. Technol.*, 13:1276-1280, 1979.

265. SPICER, W.S. & KERR, D.H. Variation in respiratory function. *Arch. environ. Hlth*, 12:217-226, 1966.
266. STACY, R.W. et al. Effects of 0.75ppm sulfur dioxide on pulmonary function parameters of normal human subjects. *Arch. environ. Hlth*, 36:172-178, 1981.
267. STAHLHOFEN, W. et al. Experimental determination of the regional deposition of aerosol particles in the human respiratory tract. *Amer. industr. Hyg. Ass. J.*, 41:385-398, 1980.
268. STEBBINGS, J.H. et al. Effect of the Pittsburgh air pollution episode upon pulmonary function in schoolchildren. *J. Air Pollut. control Ass.*, 26:547-552, 1976.
269. STEBBINGS, J.H. & FOGLEMAN, D.G. Identifying a susceptible subgroup: effects of the Pittsburgh air pollution episode upon schoolchildren. *Amer. J. Epidem.*, 110(1):27-40, 1979.
270. STELLMANN, J.M e DAUM, S.M. *Trabalho e saúde na indústria: riscos químicos e prevenção de acidentes*. São Paulo, Editora da USP, 1975, vol 2.
271. STERLING, T.D. et al. Measuring the effect of air pollution on urban morbidity. *Arch. environ. Hlth*, 18:485-494, 1969.
272. STROPE, G.L. et al. A longitudinal study of spirometry in young black and white children. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 130:1100-1107, 1984.
273. STROPE, G.L. & STEMPEL, D.A. Risk factor associated with the development of chronic lung disease in children. *Pediat. clin. North Amer.*, 31:757-769, 1984.
274. STUPFEL, M. La pollution atmosphérique urbaine. *Rev. Prat.*, Paris, 26:2331-2335, 1976.
275. TABLER, S.K. EPA's Program for establishing National Emission Standards for hazardous air pollutants. *J. Air Pollut. control Ass.*, 34:532-536, 1984.
276. TAGER, I.B. "Passive Smoking" and respiratory health in children - sophistry or cause for concern? *Amer. Rev. resp. Dis.*, 133:959-961, 1986.
277. TAUSSIG, L.M. et al. Different mechanical properties of the lung in boys and girls. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 123:640-643, 1981.
278. TESSIER, J.F. et al. Essai de corrélation entre les données de la pollution atmosphérique à Bordeaux e les absences scolaires des enfants por cause bronchorespiratoire. *Broncho-pneumol.*, 26:30-45, 1976.

279. TOYAMA, T. Air pollution and its health effects in Japan. *Arch. environ. Hlth*, 8:153-173, 1964.
280. TUKEY, J.W. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5:99-114, 1949.
281. UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) *Air Pollution Concentrations in Selected Urban Areas: correlation studies*. United Nations Environmental Programme. London, 1983.
282. UNO, I. et al. Evaluation of hydrocarbon reactivity in urban air. *Atmos. environ.*, 19:1283-1293, 1985.
283. VAN DER LENDE, R. et al. Decreases in VC and FEV_{1.0} with time: indicators of effects of air pollution. *Bull. Eur. Physiopath. Resp.*, 17:775-792, 1981.
284. VEDAL, S. et al. Risk factors for childhood respiratory disease: analysis of pulmonary function. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 130:187-192, 1984.
285. WALL, M.A. et al. Lung function in North American Indian children: reference standards for spirometry, maximal expiratory flow, volume curves, and peak expiratory flow. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 125:158-162, 1982.
286. WALL, M.A. Office pulmonary function testing. *Pediat. Clin. North Amer.*, 31:773, 1984.
287. WALL, M.A. et al. Controversies in pediatric pulmonary medicine: infant pulmonary function tests.(letter) *Amer. Rev. resp. Dis.*, 138:1089, 1988.
288. WANDALSEN, N.F. et al. Influência de fatores meteorológicos e de alguns poluentes sobre a ocorrência de crises de asma brônquica em crianças em Santo André, nos anos de 1973 e 1974. (Relatório apresentado à Fundação de Assistência à Infância de Santo André, 1975).
289. WARE, J.H. et al. Passive smoking, gas cooking, and respiratory health of children living in six cities. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 129:366-374, 1984.
290. WARE, J.H. et al. Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health of preadolescent children. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 133:834-842, 1986.
291. WATANABE, H. Air pollution and its health effects in Osaka. (Apresentado no 58th Annual Meeting of Air Pollution Control Association, Toronto, 1965).
292. WEISS, S.T. et al. Persistent wheeze. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 122:697-707, 1980.
293. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) *Epidemiological surveillance of environmental hazards; Report on a WHO Working Group*. Reykjavik, 1982 (ICP/SPM 008(2)0076E).

294. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) *Air quality guidelines*; Report on a Planning Meeting. Copenhagen, 1984 (ICP/CEH 002/m03 - 4090I).
295. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) *Ecological effects of air pollutants*; Working Group. Neukirchen, 1985 (ICP/CEH 002/m71).
296. WINER, B.J. *Statistical principles in experimental design*. 2nd. ed.. New York, McGraw-Hill, 1971.
297. WOLFF, G.T. et al. Relationship between fine particulate species, gaseous pollutants and meteorological parameters in Detroit. *Atmos. environ.*, 19:1341-1349, 1985.
298. WOOLCOCK, A.J. et al. Factors affecting normal values for ventilatory lung function. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 106:692-709, 1972.
299. YARNELL, J.W.G. & St. LEGER, A.S. Respiratory morbidity and lung function in school-children aged 7 to 11 years in South Wales and the West of England. *Thorax*, 36:842-846, 1981.
300. YARNELL, J.W.G. & St. LEGER, A.S. Respiratory infections and their influence on lung function in children: a multiple regression analysis. *Thorax*, 36:847-851, 1981.
301. ZAPLETAL, A. et al. Pulmonary function studies in children living in an air-polluted area. *Amer. Rev. resp. Dis.*, 107:400-409, 1973.
302. ZSOLNAY, A. et al. Use of factorial design to estimate synergistic effects in the environment. *Bull. environ. Contam. Toxicol.*, 39:729-735, 1987.

XII - ANEXO

TABELA A.1

Porcentagem média da CVF da Coorte 1, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1983/89.

		1983		83/87		83/88		83/89	
		MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
JCA	M	95,78	2,10	99,74	2,09	95,25	1,68	93,36	1,86
	F	93,78	2,52	98,32	2,86	91,86	1,94	95,04	1,79
VNO	M	93,16	1,76	98,18	1,55	95,16	1,23	93,45	1,64
	F	88,55	1,73	96,60	2,05	94,29	1,75	94,89	1,86
VNA	M	96,01	2,99	95,73	2,65	89,63	2,49	89,18	2,84
	F	99,70	3,52	98,04	3,22	93,62	2,87	97,24	2,23
JNR	M	NÃO EXISTIA		97,14	6,60	98,82	4,48	95,31	4,58
	F	NÃO EXISTIA		97,18	2,51	90,90	2,89	93,64	2,74
VPA	M	96,93	3,15	102,11	4,91				
	F	92,03	2,97	98,38	4,63				
CNT	M	96,96	2,25	99,25	1,67	91,00	2,49	89,00	2,62
	F	91,20	3,25	96,19	2,67	97,93	2,97	100,01	4,01
JIN	M	97,71	2,62	92,96	2,51	87,09	2,21	87,01	2,07
	F	94,01	2,07	93,66	1,64	94,03	1,81	94,33	1,80
C95	M	95,00	3,01	106,50	0,50	89,00	4,44	89,00	4,41
	F	113,00	6,01	105,89	1,67	95,60	4,91	96,06	5,03
C200	M	98,22	5,85	99,37	5,37	86,57	3,58	91,75	2,25
	F	99,07	4,71	102,85	4,93	92,20	3,02	90,25	3,38
TOTAL		93,79	0,70	97,60	0,69	93,24	0,61	93,63	0,66

NOTA: A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.2

Porcentagem média do VEF_{1,0} da Coorte 1, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1983/89.

		1983		83/87		83/88		83/89	
		MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)
JCA	M	93,61	2,43	98,41	2,15	92,29	1,86	91,27	2,12
	F	85,88	2,64	90,81	2,59	87,69	2,18	91,89	2,01
VNO	M	90,63	1,80	95,68	1,72	91,44	1,38	91,39	1,63
	F	80,94	1,98	90,72	1,64	88,31	1,63	90,06	1,64
VNA	M	97,13	2,45	93,95	2,73	88,63	2,32	87,29	2,84
	F	91,65	3,54	91,70	2,85	88,52	2,71	92,09	2,31
JNR	M	NÃO EXISTIA		95,43	5,18	97,75	4,64	94,15	4,74
	F	NÃO EXISTIA		92,64	3,18	88,95	2,81	91,95	2,73
VPA	M	91,67	3,17	98,11	5,25				
	F	85,68	2,94	93,23	4,34				
CNT	M	90,50	2,84	98,12	1,60	90,01	2,41	88,56	1,86
	F	83,80	4,09	91,88	2,78	94,07	3,11	93,91	3,91
JIN	M	89,58	3,06	92,57	2,34	85,91	2,11	85,38	2,29
	F	87,02	2,39	88,60	1,59	89,62	1,46	90,64	1,57
C95	M	98,10	3,00	102,50	8,50	82,50	3,50	84,00	4,82
	F	103,00	5,88	94,78	5,97	90,2	3,15	93,31	6,38
C200	M	92,33	4,16	94,13	2,84	82,29	3,38	88,01	2,68
	F	87,36	5,33	94,08	3,56	88,20	2,74	86,25	2,35
TOTAL		88,17	0,77	93,27	0,64	89,65	0,60	90,55	0,63

NOTA: A partir de 1987 o grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.3

Porcentagem média do "Peak Flow" da Coorte 1, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1983/89.

		1983		83/87		83/88		83/89	
		MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)
JCA	M	90,47	3,71	86,15	4,13	75,83	2,62	90,18	4,60
	F	82,28	4,46	82,68	3,89	79,14	3,12	92,54	4,27
VNO	M	85,13	4,05	77,72	2,31	74,64	2,13	83,71	2,58
	F	74,75	3,23	80,98	2,01	74,07	1,85	86,27	1,86
VNA	M	83,47	5,42	77,41	3,76	70,16	3,18	77,47	4,91
	F	91,10	7,20	78,61	4,48	72,24	3,03	81,42	2,67
JNR	M	NÃO EXISTIA		72,57	4,98	71,08	2,70	79,23	4,53
	F	NÃO EXISTIA		83,18	6,32	81,03	3,34	90,02	3,66
VPA	M	82,00	3,59	70,67	4,35				
	F	84,52	3,64	84,23	4,65				
CNT	M	81,09	5,06	83,00	3,63	71,42	3,73	75,22	3,76
	F	69,72	5,58	78,50	3,84	74,29	4,27	90,27	6,38
JIN	M	72,03	4,16	80,91	2,93	72,43	2,66	80,95	4,74
	F	71,95	3,57	76,29	2,72	75,09	1,95	85,51	2,60
C95	M	70,50	2,50	97,00	6,01	73,05	5,50	80,06	8,47
	F	71,10	2,91	68,22	8,85	79,20	6,14	93,10	4,50
C200	M	68,33	6,75	71,02	3,96	69,10	5,31	78,75	9,14
	F	65,21	5,32	74,38	5,09	67,30	2,53	80,00	2,36
TOTAL		79,48	1,19	79,33	0,92	74,38	0,76	85,02	0,99

NOTA: A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.4

Porcentagem média do FMF_{25-75%} da Coorte 1, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1983/89.

		1983		83/87		83/88		83/89	
		MÉDIA ERRO (%) (%)		MÉDIA ERRO (%) (%)		MÉDIA ERRO (%) (%)		MÉDIA ERRO (%) (%)	
JCA	M	103,53	4,90	107,70	4,97	92,46	4,31	95,54	4,68
	F	97,88	5,48	101,87	5,73	103,79	5,46	114,35	6,20
VNO	M	97,77	3,66	99,28	3,70	88,64	3,14	94,88	3,30
	F	84,92	3,92	103,83	3,16	98,67	2,92	106,82	3,40
VNA	M	91,53	7,00	100,82	5,53	89,89	4,51	90,29	5,59
	F	99,60	7,84	105,13	6,24	98,81	5,09	98,38	4,10
JNR	M	NÃO EXISTIA		100,14	6,45	99,83	4,54	97,92	5,23
	F	NÃO EXISTIA		116,73	7,06	115,20	5,43	119,68	5,13
VPA	M	90,63	3,95	101,00	6,72				
	F	102,32	4,81	110,84	6,91				
CNT	M	94,86	6,28	106,25	5,43	95,58	5,52	95,44	4,11
	F	92,48	7,61	109,31	5,40	104,86	5,68	109,73	8,55
JIN	M	91,74	6,17	103,87	4,09	92,82	4,19	91,14	4,61
	F	91,02	3,97	102,83	4,32	103,64	3,67	105,00	4,41
C95	M	112,00	5,00	105,00	8,89	100,00	9,01	100,5	9,58
	F	96,50	5,50	94,00	9,11	109,20	7,92	112,67	4,88
C200	M	78,00	9,09	90,05	7,08	88,43	6,20	94,50	6,30
	F	80,93	9,08	99,92	7,51	100,1	7,06	105,50	6,11
TOTAL		93,66	1,45	103,28	1,34	97,95	1,25	102,22	1,41

NOTA: A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.5

Porcentagem média da CVF da Coorte 2, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1985/89.

		1985		85/87		85/88		85/89	
		MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)
JCA	M	104,25	2,18	102,02	1,86	95,10	1,53	94,62	1,68
	F	105,39	2,26	100,13	1,61	94,00	2,43	91,86	1,76
VNO	M	103,22	1,47	102,27	1,28	94,87	1,17	92,87	1,31
	F	98,97	1,69	98,37	1,50	91,35	1,42	90,83	1,50
VNA	M	104,52	3,02	100,05	2,46	94,04	2,17	96,82	1,50
	F	109,30	3,30	100,72	2,29	94,89	2,51	98,18	2,93
JNR	M	106,86	5,88	107,78	3,60	93,80	2,10	94,33	2,76
	F	122,01	4,63	102,64	3,34	89,67	2,40	87,04	3,02
VPA	M	105,36	2,90	101,20	3,32				
	F	105,09	2,90	99,5	3,17				
CNT	M	102,51	3,03	104,54	2,18	98,95	2,22	97,21	1,79
	F	98,27	2,47	101,23	2,51	94,71	1,62	93,42	1,91
JIN	M	101,48	2,37	99,44	2,33	94,63	1,89	93,54	2,35
	F	103,13	4,19	98,65	2,10	90,22	1,86	90,91	1,98
C95	M	102,83	3,44	101,40	2,59	93,00	2,14	89,75	2,88
	F	100,27	4,16	96,59	1,92	91,14	1,53	92,26	2,13
C200	M	106,33	3,18	100,15	2,88	90,79	2,21	93,92	2,69
	F	105,47	3,24	97,87	2,19	88,33	2,05	90,73	2,84
TOTAL		103,08	0,67	100,50	0,52	93,35	0,49	92,89	0,54

NOTAS: i) (●)-valores referentes à amostra de I. Caraguatá.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.6

Porcentagem média do VEF_{1,0} da Coorte 2, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1985/89.

		1985		85/87		85/88		85/89	
		MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)
JCA	M	104,91	2,32	102,38	2,09	94,94	1,63	92,42	1,60
	F	98,59	2,40	93,68	1,50	87,81	1,56	87,13	1,60
VNO	M	104,40	1,59	101,74	1,27	94,17	1,25	91,34	1,29
	F	94,71	1,84	94,55	1,48	88,73	1,32	87,22	1,30
VNA	M	105,43	2,86	99,82	2,67	92,14	2,66	92,14	3,15
	F	102,85	3,19	97,94	2,48	91,72	2,54	93,77	2,58
JNR	M	•109,29	4,12	108,22	4,81	94,40	1,97	92,52	2,09
	F	•106,09	6,37	98,82	2,88	87,06	2,17	83,91	2,93
VPA	M	105,77	2,72	99,67	3,29				
	F	101,74	3,02	96,08	2,69				
CNT	M	102,86	3,32	103,83	2,66	98,95	2,40	94,95	2,28
	F	93,41	2,69	96,18	2,29	91,10	1,58	88,74	2,16
JIN	M	104,93	2,62	100,34	2,32	94,70	1,96	92,54	2,20
	F	92,63	2,13	93,92	1,97	86,61	1,66	86,01	1,66
C95	M	102,06	3,20	102,10	2,55	95,00	2,14	90,19	2,24
	F	94,14	3,83	93,16	1,98	88,07	1,56	88,74	2,22
C200	M	106,94	3,39	99,92	2,91	90,71	2,87	93,69	3,01
	F	98,37	3,61	95,00	2,04	84,14	2,11	85,73	2,24
TOTAL		100,67	0,68	98,35	0,54	91,49	0,49	89,97	0,51

NOTAS: i) (•)-valores referentes à amostra de I. Caraguatá.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.7

Porcentagem média do "Peak Flow" da Coorte 2, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1985/89.

		1985		85/87		85/88		85/89	
		MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)	MÉDIA (%)	ERRO (%)
JCA	M	91,68	4,42	81,90	2,95	70,90	2,06	78,83	2,30
	F	77,10	3,25	73,76	2,23	67,67	2,56	75,35	2,30
VNO	M	87,52	2,52	75,68	1,77	76,42	1,85	74,91	1,64
	F	86,22	2,56	76,76	1,99	75,87	1,72	75,84	1,73
VNA	M	93,01	3,62	79,51	3,92	77,45	4,02	73,77	3,77
	F	89,40	5,34	87,89	5,18	81,17	4,31	77,77	3,47
JNR	M	•91,86	4,86	82,00	5,18	69,45	2,61	74,62	3,62
	F	•80,33	5,78	83,27	3,69	66,61	2,54	68,23	3,69
VPA	M	110,14	5,38	77,73	4,39				
	F	103,83	4,45	80,58	3,81				
CNT	M	90,34	4,69	73,62	3,27	72,30	3,02	74,95	3,77
	F	90,68	5,76	76,32	3,13	68,52	3,35	75,47	2,98
JIN	M	88,87	4,63	79,06	2,92	72,73	3,18	79,00	3,54
	F	80,82	3,37	73,77	2,80	66,74	1,88	71,05	2,98
C95	M	82,44	3,48	75,35	2,26	71,85	2,80	74,31	2,11
	F	84,64	5,94	73,37	2,59	68,89	1,92	74,84	2,49
C200	M	105,44	4,39	76,85	3,85	67,01	5,72	77,08	4,38
	F	98,10	5,73	69,80	5,14	60,07	3,30	67,67	3,90
TOTAL		89,13	1,05	77,05	0,73	72,07	0,70	75,16	0,70

NOTAS: i) (•)-valores referentes à amostra de I. Caraguatá.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.8

Porcentagem média do FMF_{25-75%} da Coorte 2, em relação aos valores-referência, segundo sexo e bairro de Cubatão, no período de 1985/89.

		1985		85/87		85/88		85/89	
		MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO	MÉDIA	ERRO
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
JCA	M	126,88	6,29	111,31	4,38	101,25	3,87	94,4	3,44
	F	108,57	4,55	103,26	3,92	99,44	4,58	95,05	3,75
VNO	M	116,37	3,27	105,35	2,89	95,39	2,90	90,83	2,92
	F	116,66	3,75	111,99	3,19	104,15	2,87	100,84	2,92
VNA	M	130,39	5,94	102,09	6,04	93,23	6,14	88,50	5,73
	F	124,20	8,10	123,11	7,53	109,17	6,26	104,77	5,82
JNR	M	•141,43	11,76	108,78	10,48	99,25	5,06	89,09	4,61
	F	•121,67	10,52	117,82	7,06	100,06	4,80	94,86	4,80
VPA	M	133,36	5,53	99,33	5,96				
	F	137,30	6,53	110,92	7,26				
CNT	M	112,74	6,43	101,79	5,99	103,35	4,21	86,53	5,08
	F	118,77	7,70	109,09	5,47	103,09	5,76	100,16	4,82
JIN	M	126,97	6,91	111,37	4,35	102,43	5,57	91,57	4,41
	F	102,50	4,61	107,31	4,05	93,01	3,01	90,95	4,38
C95	M	108,06	6,33	108,40	3,83	98,60	3,40	91,06	4,06
	F	106,91	6,46	109,38	4,01	98,86	3,97	99,32	5,30
C200	M	125,67	7,26	109,54	6,50	92,43	7,63	95,54	6,24
	F	110,68	9,86	110,60	7,03	86,93	4,97	89,13	6,79
TOTAL		118,35	1,46	108,55	1,16	99,25	1,12	94,52	1,10

NOTAS: i) (•)-valores referentes à amostra de I. Caraguatá.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.9

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores referência de CVF da Coorte 1, por sexo e período de exame.

		1983				83/87				83/88				83/89			
		MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM			
		(%)				(%)				(%)				(%)			
JCA	M	95,8	(5)	a		99,7	(3)	b		95,3	(2)	b		93,4	(3)	a	
	F	93,8	(5)	b		98,3	(4)	b		91,9	(7)	a		95,0	(4)	a	
VNO	M	93,2	(8)	a		98,2	(6)	b		95,2	(3)	b		93,5	(2)	a	
	F	88,6	(8)	c		96,6	(7)	b		94,3	(3)	a		94,9	(5)	a	
VNA	M	96,0	(4)	a		95,7	(8)	b		89,6	(5)	b		89,2	(5)	a	
	F	99,7	(2)	b		98,0	(5)	b		93,6	(5)	a		97,2	(2)	a	
JNR	M	NÃO EXISTIA				97,1	(7)	b		98,8	(1)	a		95,3	(1)	a	
	F	NÃO EXISTIA				97,2	(6)	b		90,9	(8)	a		93,6	(7)	a	
VPA	M	96,9	(3)	a		102,1	(2)	b									
	F	92,0	(6)	b		98,4	(3)	b									
CNT	M	97,0	(3)	a		99,3	(5)	b		91,0	(4)	b		89,0	(6)	a	
	F	91,2	(7)	b		96,2	(8)	b		97,9	(1)	a		100,0	(1)	a	
JIN	M	97,7	(7)	a		93,0	(9)	c		87,1	(7)	c		87,0	(8)	b	
	F	94,0	(4)	b		93,7	(9)	c		94,0	(4)	a		94,3	(6)	a	
C95	M	95,0	(6)	a		106,5	(1)	a		89,0	(6)	b		89,0	(7)	b	
	F	113,0	(1)	a		105,9	(1)	a		95,6	(2)	a		96,1	(3)	a	
C200	M	98,2	(1)	a		99,4	(4)	b		86,6	(8)	c		91,8	(4)	a	
	F	99,1	(3)	b		102,9	(2)	a		92,2	(6)	a		90,3	(8)	b	

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.10

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de FEV_{1,0} da Coorte 1, por sexo e período de exame.

		1983			83/87			83/88			83/89		
		MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM		
		(%)			(%)			(%)			(%)		
JCA	M	93,6	(3)	a	98,4	(2)	a	92,3	(2)	a	91,3	(3)	a
	F	85,9	(5)	b	90,8	(7)	a	87,7	(8)	a	91,9	(4)	a
VNO	M	90,6	(6)	b	95,7	(5)	a	91,4	(3)	a	91,4	(2)	a
	F	80,9	(8)	c	90,7	(8)	a	88,3	(6)	a	90,1	(7)	a
VNA	M	97,1	(2)	a	93,6	(8)	a	88,6	(5)	a	87,3	(6)	a
	F	91,7	(2)	b	91,7	(6)	a	88,5	(5)	a	92,1	(3)	a
JNR	M	NÃO EXISTIA			95,4	(6)	a	97,8	(1)	a	94,2	(1)	a
	F	NÃO EXISTIA			92,6	(4)	a	88,9	(4)	a	91,9	(5)	a
VPA	M	91,7	(5)	a	98,1	(4)	a						
	F	85,7	(6)	b	93,2	(3)	a						
CNT	M	90,5	(7)	b	98,1	(3)	a	90,0	(4)	a	88,6	(4)	a
	F	83,8	(7)	b	91,9	(5)	a	94,1	(1)	a	93,9	(1)	a
JIN	M	89,6	(8)	b	92,6	(9)	a	85,9	(6)	b	85,4	(7)	b
	F	87,0	(4)	b	88,6	(9)	b	89,6	(3)	a	90,6	(6)	a
C95	M	98,1	(1)	a	102,5	(1)	a	82,5	(7)	b	84,1	(8)	b
	F	103,0	(1)	a	94,8	(1)	a	90,2	(2)	a	93,3	(2)	a
C200	M	92,3	(4)	a	94,1	(7)	a	82,3	(8)	b	88,0	(5)	a
	F	87,4	(3)	b	94,1	(2)	a	88,2	(7)	a	86,3	(8)	b

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.11

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de "Peak Flow" da Coorte 1, por sexo e período de exame.

		1983			83/87			83/88			83/89		
		MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM		
		(%)			(%)			(%)			(%)		
JCA	M	90,5	(1)	a	86,2	(2)	a	75,8	(1)	a	90,2	(1)	a
	F	82,3	(3)	a	82,7	(3)	a	79,1	(2)	a	92,5	(2)	a
VNO	M	85,1	(2)	a	77,7	(5)	b	74,6	(2)	a	83,7	(3)	b
	F	74,8	(4)	b	81,0	(4)	a	74,1	(6)	b	86,3	(5)	c
VNA	M	83,5	(3)	b	77,4	(6)	b	70,2	(7)	b	77,5	(7)	c
	F	91,1	(1)	a	78,6	(5)	a	72,2	(7)	b	81,4	(7)	c
JNR	MNÃO EXISTIA				72,6	(7)	b	71,1	(6)	b	79,2	(5)	c
	FNÃO EXISTIA				83,2	(2)	a	81,0	(1)	a	90,1	(4)	a
VPA	M	82,0	(4)	b	70,7	(9)	b						
	F	84,5	(2)	a	84,2	(1)	a						
CNT	M	81,1	(5)	b	83,0	(3)	a	71,4	(5)	b	75,2	(8)	c
	F	69,7	(7)	b	78,5	(6)	a	74,3	(5)	b	90,3	(3)	a
JIN	M	72,0	(6)	c	80,9	(4)	a	72,4	(4)	a	80,9	(4)	b
	F	71,9	(5)	b	76,3	(7)	b	75,1	(4)	b	85,5	(6)	c
C95	M	70,5	(7)	c	97,0	(1)	a	73,5	(3)	a	90,0	(2)	a
	F	71,1	(6)	b	68,2	(9)	c	79,2	(3)	a	93,1	(1)	a
C200	M	68,3	(8)	c	71,0	(8)	b	69,1	(8)	b	78,8	(6)	c
	F	65,2	(8)	c	74,4	(8)	b	67,3	(8)	c	80,0	(8)	c

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.12

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de FMF_{25-75%} da Coorte 1, por sexo e período de exame.

		1983				83/87				83/88				83/89			
		MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM			
		(%)				(%)				(%)				(%)			
JCA	M	103,5	(2)	a		107,7	(1)	a		92,5	(4)	a		95,5	(2)	b	
	F	97,9	(3)	a		101,9	(7)	a		103,8	(4)	a		114,4	(2)	a	
VNO	M	97,8	(3)	a		99,3	(8)	a		88,6	(7)	a		94,9	(4)	b	
	F	84,9	(7)	b		103,8	(5)	a		98,7	(8)	b		106,8	(5)	c	
VNA	M	91,5	(6)	b		100,8	(6)	a		89,9	(6)	a		90,3	(7)	c	
	F	99,6	(2)	a		105,1	(4)	a		98,8	(7)	b		98,4	(8)	c	
JNR	M	NÃO EXISTIA				100,1	(7)	a		99,8	(1)	a		97,9	(1)	a	
	F	NÃO EXISTIA				106,7	(3)	a		115,2	(1)	a		119,7	(1)	a	
VPA	M	90,6	(7)	b		101,0	(5)	a									
	F	102,3	(1)	a		110,8	(1)	a									
CNT	M	94,9	(4)	b		106,3	(2)	a		95,6	(2)	a		95,4	(3)	b	
	F	92,5	(5)	a		109,3	(2)	a		104,9	(3)	a		109,7	(4)	b	
JIN	M	91,7	(5)	b		103,9	(4)	a		92,8	(3)	a		91,1	(6)	c	
	F	91,0	(6)	a		102,8	(6)	a		103,6	(5)	a		105,0	(7)	c	
C95	M	112,0	(1)	a		105,0	(3)	a		90,0	(5)	a		90,5	(8)	c	
	F	96,5	(4)	a		94,0	(9)	a		109,2	(2)	a		112,7	(3)	b	
C200	M	78,0	(8)	b		90,1	(9)	a		88,4	(8)	a		94,5	(5)	b	
	F	80,9	(8)	b		99,9	(8)	a		100,1	(6)	a		105,5	(6)	c	

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%

ii) A partir de 1987 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.13

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de CVF da Coorte 2, por sexo e período de exame.

		1985				85/87				85/88				85/89			
		MÉDIA				MÉDIA				MÉDIA				MÉDIA			
		ORDEM				ORDEM				ORDEM				ORDEM			
		(%)				(%)				(%)				(%)			
JCA	M	104,2	(5)	a		102,0	(4)	a		95,1	(2)	a		94,6	(3)	a	
	F	105,4	(3)	a		100,1	(4)	a		94,0	(3)	a		91,9	(4)	b	
VNO	M	103,2	(6)	a		102,3	(3)	a		94,9	(3)	a		92,9	(7)	b	
	F	98,9	(8)	a		98,3	(7)	a		91,4	(4)	a		90,8	(6)	b	
VNA	M	104,5	(4)	a		100,1	(8)	a		94,0	(5)	a		96,8	(2)	a	
	F	109,3	(2)	a		100,7	(3)	a		94,9	(1)	a		98,2	(1)	a	
JNR	M	106,9	(1)	a		107,8	(1)	a		93,8	(6)	a		94,3	(4)	a	
	F	122,0	(1)	a		102,6	(1)	a		89,7	(7)	a		87,0	(8)	b	
VPA	M	105,4	(3)	a		101,2	(6)	a									
	F	105,1	(5)	a		99,5	(5)	a									
CNT	M	102,5	(8)	a		104,5	(2)	a		98,9	(1)	a		97,2	(1)	a	
	F	98,3	(9)	a		101,2	(2)	a		94,7	(2)	a		93,4	(2)	a	
JIN	M	101,5	(9)	a		99,4	(9)	a		94,6	(4)	a		93,5	(6)	b	
	F	103,1	(6)	a		98,7	(6)	a		90,2	(6)	a		90,9	(5)	b	
C95	M	102,8	(7)	a		101,4	(5)	a		93,0	(7)	a		89,7	(8)	c	
	F	100,3	(7)	a		96,6	(9)	a		91,1	(5)	a		92,3	(3)	a	
C200	M	106,3	(2)	a		100,2	(7)	a		90,8	(8)	b		93,9	(5)	b	
	F	105,5	(4)	a		97,9	(8)	a		88,3	(8)	b		90,7	(7)	b	

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.14

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de VEF_{1,0} da Coorte 2, por sexo e período de exame.

		1985			85/87			85/88			85/89		
		MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM			MÉDIA ORDEM		
		(%)			(%)			(%)			(%)		
JCA	M	104,9	(5)	a	102,4	(3)	a	94,9	(3)	a	92,4	(4)	a
	F	98,6	(4)	a	93,7	(8)	a	87,8	(5)	a	87,1	(5)	a
VNO	M	104,4	(7)	a	101,7	(5)	a	94,2	(6)	a	91,3	(7)	b
	F	94,7	(6)	b	94,6	(6)	a	88,7	(3)	a	87,2	(4)	a
VNA	M	105,4	(4)	a	99,8	(8)	a	92,1	(7)	b	92,1	(6)	b
	F	102,8	(2)	a	97,9	(2)	a	91,7	(1)	a	93,8	(6)	a
JNR	M	109,3	(1)	a	108,2	(1)	a	94,4	(5)	a	92,5	(5)	a
	F	106,1	(1)	a	98,8	(1)	a	87,1	(6)	a	83,9	(8)	b
VPA	M	105,8	(3)	a	99,7	(7)	a						
	F	101,7	(3)	a	96,1	(4)	a						
CNT	M	102,9	(8)	b	103,8	(2)	a	98,9	(1)	a	94,9	(1)	a
	F	93,4	(8)	b	96,2	(3)	a	91,1	(2)	a	88,7	(2)	a
JIN	M	104,9	(6)	a	100,4	(6)	a	94,7	(4)	a	92,5	(3)	a
	F	92,6	(9)	b	93,9	(7)	a	86,6	(7)	b	86,1	(6)	b
C95	M	102,1	(9)	b	102,1	(4)	a	95,0	(2)	a	90,2	(8)	b
	F	94,1	(7)	b	93,2	(9)	a	88,1	(4)	a	88,7	(3)	a
C200	M	106,9	(2)	a	99,7	(9)	a	90,7	(8)	b	93,7	(2)	a
	F	98,4	(5)	a	95,0	(5)	a	84,4	(8)	b	85,7	(7)	b

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.15

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de "Peak Flow" da Coorte 2, por sexo e período de exame.

		1985				85/87				85/88				85/89			
		MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM				MÉDIA ORDEM			
		(%)				(%)				(%)				(%)			
JCA	M	91,6	(5)	b		81,9	(2)	a		70,9	(6)	a		78,8	(2)	a	
	F	77,1	(9)	c		73,8	(7)	b		67,7	(5)	b		75,4	(4)	a	
VNO	M	87,5	(8)	b		75,7	(7)	a		76,4	(2)	a		74,9	(4)	b	
	F	86,2	(5)	b		76,8	(4)	a		75,9	(2)	a		75,8	(2)	a	
VNA	M	93,0	(3)	b		79,5	(3)	a		77,5	(1)	a		73,8	(8)	b	
	F	89,4	(4)	b		87,9	(1)	a		81,2	(1)	a		77,8	(1)	a	
JNR	M	91,9	(4)	b		82,0	(1)	a		69,5	(7)	b		74,6	(6)	b	
	F	80,3	(8)	b		83,3	(2)	a		66,6	(7)	b		68,2	(7)	b	
VPA	M	110,1	(1)	a		77,7	(5)	a									
	F	103,8	(1)	a		80,6	(3)	a									
CNT	M	90,3	(6)	b		73,6	(9)	b		72,3	(4)	a		74,9	(5)	b	
	F	90,7	(3)	a		76,3	(5)	a		68,5	(4)	b		75,5	(3)	a	
JIN	M	88,9	(7)	b		79,1	(4)	a		72,7	(3)	a		79,0	(1)	a	
	F	80,8	(7)	b		73,8	(6)	b		66,7	(6)	b		71,1	(6)	b	
C95	M	82,4	(9)	c		75,4	(8)	b		71,9	(5)	a		74,3	(7)	b	
	F	84,6	(6)	b		73,4	(8)	b		68,9	(3)	b		74,8	(5)	b	
C200	M	105,4	(2)	a		76,9	(6)	a		67,0	(8)	b		77,1	(3)	a	
	F	98,1	(2)	a		69,8	(9)	b		60,1	(8)	c		67,7	(8)	b	

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.16

Hierarquização e agrupamento das porcentagens médias de afastamento dos valores-referência de FMF_{25-75%} da Coorte 2, por sexo e período de exame.

		1985					85/87					85/88					85/89				
		MÉDIA ORDEM					MÉDIA ORDEM					MÉDIA ORDEM					MÉDIA ORDEM				
		($\%$)					($\%$)					($\%$)					($\%$)				
JCA	M	126,9	(4)	a			111,3	(2)	a			101,3	(3)	a			94,4	(2)	a		
	F	108,6	(7)	b			103,3	(9)	a			99,4	(5)	b			95,1	(5)	b		
VNO	M	116,5	(7)	b			105,4	(6)	a			95,4	(6)	b			90,8	(5)	b		
	F	116,7	(5)	a			111,9	(3)	a			104,2	(2)	a			100,8	(2)	a		
VNA	M	130,4	(3)	a			102,1	(7)	a			93,2	(7)	b			88,5	(7)	b		
	F	124,2	(2)	a			123,1	(1)	a			109,2	(1)	a			104,8	(1)	a		
JNR	M	141,4	(1)	a			108,8	(4)	a			99,3	(4)	a			89,1	(6)	b		
	F	121,7	(3)	a			117,8	(2)	a			100,1	(4)	a			94,9	(6)	b		
VPA	M	133,4	(2)	a			99,3	(9)	b												
	F	137,3	(1)	a			110,9	(4)	a												
CNT	M	112,7	(8)	b			101,8	(8)	a			103,4	(1)	a			86,5	(8)	c		
	F	118,8	(4)	a			109,1	(7)	a			103,1	(3)	a			100,2	(3)	a		
JIN	M	126,9	(5)	a			111,4	(1)	a			102,4	(2)	a			91,6	(3)	b		
	F	102,5	(9)	b			107,3	(8)	a			93,0	(7)	b			90,9	(3)	c		
C95	M	108,1	(9)	b			108,4	(5)	a			98,6	(5)	a			91,1	(4)	b		
	F	106,9	(8)	b			109,4	(6)	a			98,9	(6)	b			99,3	(4)	a		
C200	M	125,7	(6)	a			109,5	(3)	a			92,4	(8)	b			95,5	(1)	a		
	F	110,7	(6)	b			110,6	(5)	a			86,9	(8)	c			89,1	(8)	c		

NOTA: i) a, b ou c indicam grupos de médias não significativamente diferentes entre si. O teste utilizado foi o de Bonferroni para comparações múltiplas de médias ao nível de 5%.

ii) A partir de 1988 o Grupo 5 (VPA) passa a integrar o Grupo 4 (JNR).

TABELA A.17

Teste "t" de médias entre os valores da CVF da Coorte 1, em 1983, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,96	0,06	-	0,31	0,38	0,62	0,21	0,39
VNO	1,71	-	0,82	-	1,05	1,33	0,17	0,53	0,83
VNA	1,37	2,84*	-	-	0,21	0,25	0,58	0,24	0,34
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	0,45	1,01	1,66	-	-	0,01	0,79	0,44	0,19
CNT	0,63	0,72	1,77	-	0,19	-	0,94	0,52	0,20
JIN	0,07	2,02*	1,40	-	0,54	0,73	-	0,32	0,70
C95	2,06	2,67	1,38	-	2,21	2,28	2,06	-	0,49
C200	0,99	2,10	0,11	-	1,27	1,38	0,99	1,37	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(450 \text{ G.L.})$.

TABELA A.18

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 1, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,60	1,19	0,38	0,44	0,18	2,08*	3,14*	0,06
VNO	0,49	-	0,80	0,15	0,76	0,47	1,78	5,12*	0,21
VNA	0,06	0,38	-	0,20	1,14	1,13	0,76	4,00*	0,61
JNR	0,30	0,18	0,21	-	0,60	0,31	0,59	1,41	0,26
VPA	0,01	0,35	0,06	0,23	-	0,55	1,66	0,89	0,38
CNT	0,55	0,12	0,44	0,27	0,41	-	2,09*	4,15*	0,02
JIN	1,41	1,12	1,21	1,18	0,96	0,81	-	4,30*	1,08
C95	1,19	1,54	1,20	1,40	1,02	1,55	2,07	-	1,32
C200	0,79	1,17	0,82	1,02	0,66	1,19	1,77	0,40	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(359 \text{ G.L.})$.

TABELA A.19

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 1, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,04	1,37	0,75	-	1,41	2,94*	0,49	2,20
VNO	0,93	-	1,99	0,79	-	1,49	3,19*	0,52	2,27
VNA	0,51	0,20	-	1,79	-	0,39	0,76	1,09	0,70
JNR	0,28	1,00	0,67	-	-	1,53	2,35	0,99	2,14*
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	1,71	1,06	1,04	1,70	-	-	1,17	1,02	2,93*
JIN	0,82	0,10	0,12	0,92	-	1,12	-	1,58	0,12
C95	0,71	0,25	0,35	0,83	-	0,41	0,30	-	1,49
C200	0,09	0,60	0,34	0,31	-	1,35	0,52	0,54	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(320 \text{ G.L.})$.

TABELA A.20

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 1, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,82	0,65	0,09	-	1,05	0,38	1,46	0,22
VNO	0,45	-	1,23	0,48	-	0,24	0,83	0,24	0,68
VNA	1,90	2,30*	-	0,62	-	0,11	0,87	1,72	0,73
JNR	1,38	1,12	2,69*	-	-	0,88	0,22	1,15	0,11
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,60	1,07	1,40	1,78	-	-	1,24	2,20*	1,02
JIN	0,36	0,03	2,11*	1,07	-	0,92	-	1,02	0,11
C95	0,14	0,55	1,67	1,41	-	0,40	0,47	-	1,06
C200	0,34	0,03	1,86	0,89	-	0,79	0,05	0,43	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(301 \text{ G.L.})$.

TABELA A.21

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 1, em 1983, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,98	1,02	-	0,49	0,83	1,03	1,14	0,27
VNO	1,49	-	2,14*	-	0,28	0,04	0,30	2,11	0,38
VNA	1,31	2,64*	-	-	1,37	1,77	1,93	0,22	0,99
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	0,05	1,34	1,30	-	-	0,27	0,47	1,45	0,13
CNT	0,43	0,63	1,45	-	0,37	-	0,22	1,82	0,36
JIN	0,32	1,95*	1,08	-	0,36	0,68	-	1,96	0,36
C95	1,29	1,68	0,84	-	1,30	1,41	1,21	-	1,10
C200	0,25	1,13	0,67	-	0,28	0,53	0,06	1,10	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(450 \text{ G.L.})$.

TABELA A.22

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 1, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,99	1,28	0,53	0,05	0,11	1,84	0,47	1,20
VNO	0,03	-	0,54	0,05	0,44	1,04	1,07	0,79	0,47
VNA	0,23	0,30	-	0,25	0,70	1,32	0,39	0,96	0,04
JNR	0,45	0,53	0,22	-	0,36	0,50	0,50	0,71	0,22
VPA	0,48	0,54	0,30	0,11	-	0,00	0,97	0,44	0,67
CNT	0,28	0,36	0,05	0,18	0,26	-	1,96	0,51	1,23
JIN	0,73	0,93	0,95	1,14	1,00	1,02	-	1,13	0,42
C95	0,61	0,65	0,47	0,32	0,21	0,44	1,00	-	0,93
C200	0,74	0,85	0,52	0,30	0,15	0,49	1,40	0,10	-

NOTA:

Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

i)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(359 \text{ G.L.})$.

TABELA A.23

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 1, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,37	1,23	1,09	-	0,75	2,26*	2,57*	1,82
VNO	0,23	-	1,04	1,30	-	0,52	2,19*	2,07*	1,69
VNA	0,24	0,07	-	1,76	-	0,41	0,87	0,82	0,94
JNR	0,35	0,20	0,11	-	-	1,48	2,32*	2,22*	2,17*
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	1,68	1,64	1,35	1,22	-	-	1,27	1,17	1,14
JIN	0,74	0,60	0,36	0,21	-	1,30	-	1,44	0,16
C95	0,66	0,53	0,40	0,30	-	0,87	0,17	-	1,06
C200	0,15	0,03	0,08	0,83	-	1,42	0,46	0,48	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(320 \text{ G.L.})$.

TABELA A.24

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 1, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,04	1,12	0,55	-	0,96	1,89	1,59	0,96
VNO	0,71	-	1,25	0,55	-	1,15	2,14*	1,80*	0,08
VNA	0,07	0,72	-	1,24	-	0,37	0,52	1,03	0,18
JNR	0,02	0,60	0,04	-	-	1,10	1,67	1,49	1,13
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,46	0,91	0,40	0,41	-	-	1,09	1,72	0,17
JIN	0,49	0,26	0,52	0,42	-	0,78	-	1,89	0,74
C95	0,22	0,50	0,18	0,20	-	0,08	0,41	-	0,77
C200	1,82	1,33	1,77	1,58	-	1,68	1,55	1,04	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(301 \text{ G.L.})$.

TABELA A.25

Teste "t" de médias entre valores de "Peak Flow" da Coorte 1, em 1983, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,11	1,07	-	1,64	1,50	3,31*	4,47*	2,87*
VNO	1,37	-	0,27	-	0,67	0,68	2,54*	3,71*	2,27*
VNA	1,04	2,07*	-	-	0,23	0,32	1,67	2,17*	1,75
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	0,39	2,01*	0,82	-	-	0,15	1,81	2,63*	1,79
CNT	1,76	0,78	2,35*	-	2,22*	-	1,38	1,88	1,51
JIN	1,81	0,58	2,38*	-	2,46*	0,34	-	0,32	0,47
C95	0,38	0,13	0,67	-	0,46	0,04	0,03	-	0,30
C200	2,46*	1,53	2,89*	-	3,00*	0,58	1,05	0,20	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(450 \text{ G.L.})$.

TABELA A.26

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 1, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,78	1,57	2,10	2,29*	0,57	1,03	0,41	2,65*
VNO	0,39	-	0,07	0,94	1,21	1,23	0,85	0,74	1,46
VNA	0,69	0,48	-	0,78	1,03	1,07	0,74	0,75	1,17
JNR	0,07	0,33	0,59	-	0,26	1,69	1,44	0,92	0,25
VPA	0,26	0,64	0,87	1,51	-	1,91	1,68	0,99	0,05
CNT	0,76	0,57	0,02	0,63	0,95	-	0,45	0,53	2,23*
JIN	1,35	1,39	0,44	1,00	1,48	0,47	-	0,61	2,01
C95	1,49	1,41	1,05	1,38	1,60	1,06	0,87	-	0,99
C200	1,30	1,31	0,62	1,08	1,43	0,65	0,33	0,60	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(359 \text{ G.L.})$.

TABELA A.27

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 1, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,35	1,39	1,26	-	0,97	0,91	0,50	1,15
VNO	1,40	-	1,17	1,03	-	0,75	0,65	0,79	0,99
VNA	1,59	0,52	-	0,22	-	0,26	0,55	2,32*	0,19
JNR	0,47	1,89	2,01	-	-	0,07	0,36	1,20	0,35
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,92	0,05	0,39	1,29	-	-	0,22	1,08	0,91
JIN	1,10	0,38	0,79	1,61	-	0,17	-	1,01	0,58
C95	0,01	0,80	1,02	0,30	-	0,66	0,64	-	1,26
C200	2,95*	2,16*	1,25	3,34*	-	1,41	2,44*	1,79	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(320 \text{ G.L.})$.

TABELA A.28

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 1, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,23	1,89	1,70	-	2,52	1,40	1,88	1,12
VNO	1,34	-	1,12	0,86	-	1,86	0,51	1,79	0,52
VNA	2,21*	1,49	-	0,26	-	0,36	0,51	2,33	0,12
JNR	0,44	0,93	1,91	-	-	0,68	0,26	2,15	0,05
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,29	0,60	1,28	0,02	-	-	0,95	2,25*	0,36
JIN	1,40	0,24	1,10	1,02	-	0,69	-	1,84	0,21
C95	0,07	1,38	2,21	0,50	-	0,35	1,44	-	1,40
C200	2,57*	2,09*	0,40	2,32*	-	1,51	1,57	2,55	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(301 \text{ G.L.})$.

TABELA A.29

Teste "t" de médias entre valores de FMF_{25-75%} da Coorte 1, em 1983, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,94	1,40	-	2,05*	1,09	1,50	1,21	2,47*
VNO	1,92	-	0,79	-	1,33	0,40	0,84	2,30	2,02
VNA	0,18	1,68	-	-	0,11	0,35	0,02	2,38*	1,18
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	0,61	2,81*	0,30	-	-	0,57	0,15	3,35	1,28
CNT	0,58	0,88	0,65	-	1,09	-	0,35	2,14	1,53
JIN	1,01	1,10	0,98	-	1,81	0,17	-	2,55*	1,25
C95	0,05	0,45	0,12	-	0,22	0,15	0,21	-	3,28*
C200	1,60	0,40	1,56	-	2,08*	0,98	1,02	0,58	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(450 \text{ G.L.})$.

TABELA A.30

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 1, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,36	0,93	0,93	0,80	0,20	0,60	0,09	1,99
VNO	0,30	-	0,23	0,12	1,48	1,06	0,83	0,19	1,10
VNA	0,38	0,19	-	0,08	0,02	0,70	0,44	0,14	1,15
JNR	1,28	1,22	0,98	-	0,09	0,72	0,49	0,16	1,01
VPA	1,00	0,92	0,61	0,48	-	0,61	0,36	0,13	1,08
CNT	0,95	0,88	0,51	0,65	0,17	-	0,35	0,04	1,77
JIN	0,13	0,19	0,30	1,27	0,98	0,94	-	0,04	1,64
C95	0,59	0,79	0,82	1,44	1,21	1,16	0,69	-	0,47
C200	0,21	0,48	0,53	1,34	1,07	1,02	0,34	0,42	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(359 \text{ G.L.})$.

TABELA A.31

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 1, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,72	0,41	1,18	-	0,45	0,06	1,33*	0,53
VNO	0,83	-	0,23	2,03	-	1,09	0,80	1,68	0,03
VNA	0,67	0,02	-	1,55	-	0,80	0,48	1,53	0,19
JNR	1,48	2,68*	2,20*	-	-	0,59	1,13	2,53*	1,48
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,13	0,97	0,79	1,32	-	-	0,40	1,05	0,86
JIN	0,02	1,06	0,77	1,76	-	0,18	-	1,94*	0,59
C95	0,42	0,87	0,81	0,46	-	0,33	0,45	-	1,56
C200	0,41	0,19	0,15	1,70	-	0,53	0,48	0,66	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(320 \text{ G.L.})$.

TABELA A.32

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 1, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,12	0,72	0,34	-	0,02	0,67	1,47	0,06
VNO	1,06	-	0,71	0,49	-	0,11	0,66	1,17	0,02
VNA	2,15*	1,58	-	1,00	-	0,74	0,12	1,41	0,24
JNR	0,66	2,09*	3,24	-	-	0,37	0,97	0,93	0,20
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,44	0,32	1,20	1,00	-	-	0,70	1,12	0,60
JIN	1,23	0,33	1,10	2,17*	-	0,49	-	1,38	0,20
C95	0,10	0,38	0,93	0,45	-	0,17	0,49	-	0,60
C200	1,02	0,19	0,97	1,78	-	1,40	0,07	0,45	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(301 \text{ G.L.})$.

TABELA A.33

Teste "t" de médias entre os valores da CVF, no ano de 1985 por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,39	0,07	0,42	0,31	0,46	0,86	0,35	0,55
VNO	2,28*	-	0,39	0,60	0,66	0,21	0,62	0,10	0,90
VNA	0,98	2,78*	-	0,35	0,20	0,47	0,79	0,37	0,42
JNR	0,67	0,93	0,51	-	0,23	0,66	0,85	0,59	0,08
VPA	0,08	1,78	0,94	0,68	-	0,68	1,04	0,56	0,23
CNT	2,13	0,23	2,67*	0,96	1,75	-	0,27	0,07	0,88
JIN	0,47	0,92	1,16	0,75	0,38	1,00	-	0,32	1,23
C95	1,08	0,29	1,70	0,87	0,94	0,41	0,48	-	0,75
C200	0,02	1,78	0,83	0,67	0,09	1,77	0,44	0,99	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(583 \text{ G.L.})$.

TABELA A.34

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 2, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,11	0,49	1,42	0,22	0,88	0,87	0,19	0,54
VNO	0,80	-	0,64	1,44	0,30	0,90	1,07	0,30	0,67
VNA	0,21	0,86	-	1,67	0,17	1,23	0,31	0,25	0,09
JNR	0,68	1,17	0,47	-	1,34	0,77	1,95	1,44	1,65
VPA	0,18	0,32	0,35	0,68	-	0,84	0,43	0,05	0,24
CNT	0,37	0,98	0,15	0,34	0,43	-	1,60	0,93	1,21
JIN	0,56	0,11	0,67	1,01	0,22	0,79	-	0,56	0,19
C95	1,41	0,73	1,38	1,57	0,78	1,46	0,72	-	0,32
C200	0,83	0,19	0,90	1,20	0,42	1,01	0,26	1,04	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(510 \text{ G.L.})$.

TABELA A.35

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 2, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,12	0,39	0,49	-	1,41	0,19	0,79	1,59
VNO	0,94	-	0,34	0,45	-	0,08	0,11	0,77	1,63
VNA	0,25	1,22	-	0,08	-	1,58	0,20	0,34	1,05
JNR	1,27	0,61	1,50	-	-	1,68	0,29	0,27	0,99
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,24	1,56	0,06	1,74	-	-	1,48	1,93	2,60*
JIN	1,24	0,49	1,49	0,18	-	1,82	-	0,57	1,32
C95	1,00	0,10	1,27	0,52	-	1,60	0,38	-	0,13
C200	1,78	1,21	2,02	0,42	-	2,44*	0,68	1,10	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(476 \text{ G.L.})$.

TABELA A.36

Teste "t" de médias entre os valores do CVF da Coorte 2, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,82	0,65	0,09	-	1,05	0,38	1,46	0,22
VNO	0,45	-	1,23	0,48	-	0,24	0,83	0,24	0,68
VNA	1,90	2,30*	-	0,62	-	0,11	0,87	1,72	0,73
JNR	1,38	1,12	2,69*	-	-	0,88	0,22	1,15	0,11
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,60	1,07	1,40	1,78	-	-	1,24	2,20*	1,02
JIN	0,36	0,03	2,11*	1,07	-	0,92	-	1,02	0,11
C95	0,14	0,55	1,67	1,41	-	0,40	0,47	-	1,06
C200	0,34	0,03	1,86	0,89	-	0,79	0,05	0,43	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(459 \text{ G.L.})$.

TABELA A.37

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 2, em 1985, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,17	0,14	0,92	0,24	0,51	0,01	0,72	1,52
VNO	1,28	-	0,30	1,10	0,42	0,43	0,16	0,67	0,67
VNA	1,07	2,21*	-	0,77	0,09	0,59	0,13	0,79	0,34
JNR	0,64	0,98	0,27	-	0,71	1,21	0,89	1,39	0,44
VPA	0,82	1,99	0,25	0,36	-	0,68	0,22	0,89	0,27
CNT	1,44	0,40	2,26*	1,08	2,06*	-	0,49	0,17	0,91
JIN	1,83	0,72	2,63*	1,15	2,43*	0,22	-	0,70	0,47
C95	0,99	0,13	1,75	0,99	1,56	0,16	0,34	-	1,05
C200	0,05	0,90	0,93	0,64	0,72	1,10	1,35	0,76	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(583 \text{ G.L.})$.

TABELA A.38

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 2, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,26	0,75	1,12	0,69	0,43	0,65	0,08	0,68
VNO	0,41	-	0,65	1,30	0,59	0,71	1,53	0,13	0,57
VNA	1,47	1,18	-	1,53	0,04	1,06	0,15	0,62	0,03
JNR	1,58	1,32	0,23	-	1,47	0,80	1,48	1,13	1,48
VPA	0,78	0,50	0,51	0,69	-	0,98	0,17	0,58	0,06
CNT	0,91	0,60	0,52	0,72	0,03	-	0,99	0,47	0,99
JIN	0,10	0,25	1,27	1,40	0,65	0,75	-	0,51	0,11
C95	0,21	0,56	1,51	1,62	0,88	1,00	0,27	-	0,56
C200	0,52	0,18	0,92	1,08	0,32	0,38	0,38	0,65	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(510 \text{ G.L.})$.

TABELA A.39

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 2, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,38	0,90	0,21	-	0,16	1,74	1,02	1,28
VNO	0,45	-	0,69	0,10	-	1,77	0,23	0,34	1,10
VNA	1,31	1,04	-	0,68	-	1,90	0,78	0,34	0,36
JNR	0,28	0,66	1,40	-	-	1,47	0,11	0,21	1,06
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	1,44	1,10	0,24	1,47	-	-	1,37	1,23	2,20*
JIN	0,53	1,06	1,69	0,16	-	1,92	-	0,10	1,15
C95	0,12	0,33	1,22	0,38	-	1,32	0,64	-	1,20
C200	1,45	1,90	2,34*	1,01	-	2,66*	0,97	1,55	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ p=0,05(476 G.L.).

TABELA A.40

Teste "t" de médias entre valores do VEF_{1,0} da Coorte 2, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,53	0,08	0,04	-	0,91	0,04	0,81	0,37
VNO	0,04	-	0,23	0,48	-	1,38	0,47	0,45	0,72
VNA	2,19	2,27*	-	0,10	-	0,72	0,10	0,50	0,36
JNR	0,97	1,04	2,53*	-	-	0,78	0,00	0,76	0,32
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,60	0,60	1,50	1,33	-	-	0,76	1,49	0,33
JIN	0,49	0,58	2,53*	0,62	-	1,00	-	0,75	0,31
C95	0,59	0,59	1,48	1,32	-	0,00	0,99	-	0,93
C200	0,51	0,58	2,35	0,50	-	0,96	0,10	0,95	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ p=0,05(459 G.L.).

TABELA A.41

Teste "t" de médias entre valores de "Peak Flow" da Coorte 2, em 1985, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,82	0,23	0,03	2,65*	0,21	0,44	1,64	2,21
VNO	2,21*	-	1,24	0,79	3,81*	0,53	0,26	1,18	3,54*
VNA	1,97	0,54	-	0,19	2,64	0,45	0,70	2,10*	2,19*
JNR	0,49	0,93	1,15	-	2,52*	0,22	0,44	1,57	2,07
VPA	4,85*	3,43*	2,08*	3,22*	-	2,77*	3,00*	4,32*	0,68
CNT	2,05*	0,71	0,16	1,27	1,81	-	0,22	1,35	2,35*
JIN	0,79	1,28	1,36	0,07	4,12*	1,48	-	1,11	2,60*
C95	1,11	0,24	0,60	0,52	2,58	0,73	0,56	-	3,10*
C200	3,19	1,89	1,11	2,18	0,79	0,91	2,60*	1,63	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(583 \text{ G.L.})$.

TABELA A.42

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 2, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,81	0,49	0,02	0,79	1,88	0,68	1,76	1,04
VNO	1,00	-	0,89	1,15	0,43	0,55	0,99	0,12	0,27
VNA	2,50*	2,01	-	0,38	0,30	1,15	0,09	0,92	0,48
JNR	2,21*	1,55	0,73	-	0,63	1,37	0,49	1,18	0,80
VPA	1,55	0,89	1,14	0,51	-	0,75	0,25	0,48	0,15
CNT	0,66	0,12	1,91	1,44	0,86	-	1,24	0,43	0,64
JIN	0,00	0,87	2,40*	2,05	1,44	0,61	-	1,00	0,46
C95	0,11	1,04	2,51*	2,20*	1,57	0,72	0,10	-	0,99
C200	0,71	1,26	2,48*	2,13*	1,68	1,08	0,68	0,62	-

NOTA: i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(510 \text{ G.L.})$.

TABELA A.43

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 2, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	2,00	1,45	0,43	-	0,38	0,49	0,27	0,64
VNO	2,66*	-	0,23	2,18*	-	1,16	1,00	1,36	1,57
VNA	2,69*	1,14	-	1,67	-	1,03	0,92	1,14	1,50
JNR	0,29	3,02*	2,91*	-	-	0,71	0,80	0,63	0,39
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,20	1,95	2,31*	0,45	-	-	0,10	0,11	0,82
JIN	0,29	3,58*	3,06*	0,04	-	0,46	-	0,21	0,88
C95	0,38	2,71*	2,60*	0,72	-	0,10	0,80	-	0,76
C200	1,82	4,25*	3,88*	1,57	-	1,80	1,76	2,31*	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(476 \text{ G.L.})$.

TABELA A.44

Teste "t" de médias entre valores do "Peak Flow" da Coorte 2, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,39	1,15	0,98	-	0,88	0,04	1,45	0,36
VNO	0,17	-	0,28	0,07	-	0,01	1,05	0,22	0,46
VNA	0,58	0,50	-	0,16	-	1,39	1,01	0,12	0,57
JNR	1,64	1,87	1,89	-	-	0,06	0,86	0,07	0,43
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,03	0,11	0,50	1,53	-	-	0,78	0,15	0,37
JIN	1,14	1,39	1,47	0,59	-	1,05	-	1,14	0,34
C95	0,15	0,33	0,69	1,49	-	0,16	0,98	-	0,57
C200	1,70	1,92	1,94	1,10	-	1,59	0,69	1,55	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii)(*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(459 \text{ G.L.})$.

TABELA A.45

Teste "t" de médias entre valores de FMF_{25-75%} da Coorte 2, em 1985, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,48	0,41	1,09	0,77	1,57	0,01	2,11*	0,13
VNO	1,37	-	2,07*	2,05	2,64*	0,50	1,39	1,17	1,17
VNA	1,68	0,84	-	0,84	0,37	2,02*	0,38	2,57*	1,71
JNR	1,14	0,45	0,19	-	0,62	2,14	1,06	2,50*	1,14
VPA	3,61*	2,74*	1,26	1,26	-	2,43*	0,72	3,01*	0,84
CNT	1,14	0,25	0,49	0,22	1,83	-	1,51	0,52	1,33
JIN	0,94	2,38*	2,33*	1,67	4,35*	1,81	-	2,02*	0,13
C95	0,21	1,30	1,67	1,20	3,31*	1,18	0,56	-	1,83
C200	0,19	0,57	1,06	0,76	2,25*	0,65	0,75	0,32	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ p=0,05(583 G.L.).

TABELA A.46

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 2, em 1987, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,14	1,24	0,22	2,03	1,28	0,01	0,50	0,23
VNO	1,73	-	0,49	0,31	1,36	0,54	1,15	0,64	0,59
VNA	2,34*	1,36	-	0,55	0,68	0,04	1,25	0,88	0,84
JNR	1,81	0,76	0,51	-	1,03	0,58	0,23	0,03	0,06
VPA	0,93	0,14	1,17	0,68	-	0,65	2,04*	1,70	1,50
CNT	0,87	1,50	1,51	0,98	0,20	-	1,29	0,93	0,88
JIN	0,72	0,11	1,85	1,30	0,43	0,26	-	0,51	0,23
C95	1,09	0,72	1,61	1,05	0,19	0,04	0,36	-	0,15
C200	0,91	0,34	1,21	0,73	0,03	0,17	0,41	0,15	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ p=0,05(510 G.L.).

TABELA A.47

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 2, em 1988, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	1,21	1,11	0,31	-	0,37	0,17	0,51	1,03
VNO	0,87	-	0,32	0,66	-	1,56	1,12	0,72	0,36
VNA	1,25	0,73	-	0,76	-	1,36	1,11	0,77	0,08
JNR	0,09	0,73	1,15	-	-	0,62	0,42	0,11	0,85
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,50	0,16	0,71	0,41	-	-	0,13	0,88	1,25
JIN	1,18	2,68*	2,33*	1,15	-	1,55	-	0,59	1,06
C95	0,10	1,08	1,39	0,19	-	0,61	1,18	-	0,74
C200	1,85	3,00*	2,78*	1,90	-	2,12*	1,04	1,87	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(476 \text{ G.L.})$.

TABELA A.48

Teste "t" de médias entre valores do FMF_{25-75%} da Coorte 2, em 1989, por área de Cubatão e sexo.

ÁREA	JCA	VNO	VNA	JNR	VPA	CNT	JIN	C95	C200
JCA	-	0,79	0,38	0,92	-	0,79	0,50	0,62	0,16
VNO	1,22	-	0,36	0,32	-	0,22	0,14	0,05	0,68
VNA	1,40	0,60	-	0,08	-	0,13	0,42	0,36	0,83
JNR	0,03	1,06	1,31	-	-	0,06	0,39	0,32	0,83
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	0,84	0,12	0,61	0,78	-	-	0,30	0,24	0,75
JIN	0,71	1,88	1,90	0,60	-	1,41	-	0,08	0,52
C95	0,66	0,25	0,69	0,62	-	0,12	1,22	-	0,60
C200	0,76	1,58	1,75	0,69	-	1,32	0,23	1,18	-

NOTA:

i) Os valores acima da diagonal principal referem-se ao sexo masculino, e abaixo ao feminino.

ii) (*) Significante a nível de 5% p/ $p=0,05(459 \text{ G.L.})$.

TABELA A.49

Distribuição das porcentagens médias, e desvios-padrão, das variáveis espirométricas por sexo e ano de exame das Coortes 1 e 2.

COORTE 1									
		1983		1987		1988		1989	
		MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)
CVF	MASC.	95,15	0,90	98,40	0,80	92,60	0,74	90,73	0,72
	FEM.	92,96	0,96	98,48	0,80	93,60	0,84	94,99	0,84
VEF	MASC.	92,81	0,94	96,17	0,82	89,25	0,77	88,89	0,81
	FEM.	85,66	1,06	90,82	0,84	89,13	0,78	91,78	0,79
PF	MASC.	78,93	1,32	78,83	1,20	72,89	1,06	81,38	1,53
	FEM.	75,31	1,41	79,50	1,20	74,35	0,96	85,38	1,02
FMF	MASC.	96,96	1,81	101,94	1,77	92,14	1,64	94,60	1,69
	FEM.	92,94	1,88	104,60	1,76	102,77	1,66	107,81	1,71

COORTE 2									
		1985		1987		1988		1989	
		MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)	MÉDIA (%)	D.P. (%)
CVF	MASC.	103,65	0,84	101,69	1,56	94,55	0,63	94,55	0,66
	FEM.	103,05	0,92	99,01	1,59	91,72	0,65	91,80	0,73
VEF	MASC.	104,87	0,87	101,63	0,76	94,53	0,68	92,20	0,70
	FEM.	96,50	0,92	94,90	0,66	88,22	0,60	87,43	0,67
PF	MASC.	91,43	1,30	77,11	0,97	72,84	0,95	75,75	0,94
	FEM.	86,63	1,36	76,15	0,98	69,61	0,83	74,28	0,94
FMF	MASC.	121,78	1,90	106,84	1,56	98,52	1,50	91,17	1,48
	FEM.	114,13	1,94	109,85	1,59	98,83	1,44	97,44	1,55

TABELA A.50

Coefficiente médio de variação, desvio-padrão, função χ^2 e coeficiente de correlação de Pearson do CVF, por sexo e área de Cubatão.

COORTE 2 - CVF MENINOS									
	INCLUÍDO 1988				EXCLUÍDO 1988				
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	
JCA	-2,75	0,66	3,25	0,86	-2,52	0,68	1,25	0,91	
VNO	-2,88	0,47	8,84	0,82	-2,68	0,49	6,85	0,82	
VNA	-1,90	0,79	3,46	0,77	-1,87	0,79	0,04	0,99	
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	
CNT	-1,81	0,83	2,94	0,53	-1,77	0,84	2,79	0,49	
JIN	-2,20	0,79	0,85	0,91	-1,99	0,83	0,45	0,93	
C95	-3,70	1,06	2,72	0,84	-3,50	1,11	2,22	0,83	
C200	-3,70	1,00	4,67	0,81	-3,10	1,04	0,00	1,00	

COORTE 2 - CVF MENINAS									
	INCLUÍDO 1988				EXCLUÍDO 1988				
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	
JCA	-3,55	0,69	0,95	0,97	-3,46	0,71	0,49	0,98	
VNO	-2,35	0,54	5,80	0,78	-2,11	0,56	3,41	0,81	
VNA	-3,20	1,05	3,17	0,79	-2,69	1,10	0,90	0,91	
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-	
CNT	-1,50	0,75	3,66	0,43	-1,40	0,77	3,32	0,38	
JIN	-3,56	1,02	3,79	0,88	-3,34	1,02	0,27	0,98	
C95	-2,39	1,02	2,46	0,86	-2,06	1,04	0,01	1,00	
C200	-4,48	1,01	4,84	0,86	-3,68	1,07	0,01	1,00	
TOTAL	-2,92	0,21	38,09	0,87	-2,65	0,21	13,90	0,92	

TABELA A.51

Coeficiente médio de variação, desvio-padrão, função CHI quadrado e coef. de correlação de Pearson do VEF_{1,0}, por sexo e área de Cubatão.

COORTE 2 - VEF _{1,0} MENINOS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-3,42	0,68	2,78	0,89	-3,32	0,69	2,17	0,89
VNO	-3,57	0,49	7,03	0,89	-3,42	0,51	5,63	0,90
VNA	-3,72	0,99	1,34	0,92	-3,30	1,06	0,09	0,99
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-2,27	0,97	2,22	0,67	-2,30	0,98	2,18	0,66
JIN	-3,28	0,82	0,65	0,97	-3,15	0,85	0,31	0,98
C95	-3,35	0,94	3,46	0,77	-3,35	0,96	3,46	0,75
C200	-3,85	1,09	3,08	0,83	-3,30	1,13	0,01	1,00

COORTE 2 - VEF _{1,0} MENINAS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-3,13	0,68	1,90	0,95	-2,94	0,70	0,16	0,99
VNO	-2,19	0,54	4,54	0,78	-2,09	0,55	3,72	0,77
VNA	-2,60	0,99	1,86	0,83	-2,25	1,01	0,01	1,00
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-1,42	0,82	3,21	0,42	-1,36	0,86	3,17	0,39
JIN	-2,00	0,65	5,04	0,62	-1,84	0,67	3,71	0,61
C95	-1,90	1,00	1,97	0,77	-1,59	1,03	0,34	0,88
C200	-3,98	0,99	6,30	0,81	-3,50	1,01	1,00	0,93
TOTAL	-3,00	0,20	32,15	0,89	-2,84	0,21	19,44	0,90

TABELA A.52

Coeficiente médio de variação, desvio-padrão, função CHI quadrado e coef. de correlação de Pearson do PF, por sexo e área de Cubatão.

COORTE 2 - "PEAK FLOW" MENINOS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-3,23	1,15	15,20	0,66	-2,81	1,16	0,75	0,92
VNO	-2,67	0,72	5,69	0,81	-2,68	0,73	5,68	0,80
VNA	-4,83	1,25	0,68	0,95	-4,83	1,31	0,68	0,95
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-3,72	1,42	4,64	0,71	-3,40	1,49	4,13	0,69
JIN	-2,80	1,38	4,26	0,62	-2,15	1,43	1,40	0,75
C95	-1,86	0,96	2,18	0,77	-1,72	0,97	0,99	0,84
C200	-7,78	1,50	11,73	0,71	-7,08	1,65	8,50	0,74

COORTE 2 - "PEAK FLOW" MENINAS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-0,72	0,95	6,47	0,20	-0,25	0,97	0,68	0,27
VNO	-2,38	0,74	3,23	0,83	-2,30	0,75	2,87	0,82
VNA	-3,16	1,55	0,51	0,86	-3,15	1,56	0,50	0,85
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-3,17	1,46	6,64	0,69	-2,79	1,48	2,25	0,79
JIN	-3,24	1,05	5,10	0,73	-2,39	1,12	0,36	0,94
C95	-1,43	1,34	7,53	0,59	-1,09	1,34	2,38	0,64
C200	-7,71	1,67	11,87	0,77	-6,85	1,70	4,46	0,80
TOTAL	-3,40	0,30	60,03	0,80	-3,07	0,31	27,88	0,85

TABELA A.53

Coefficiente médio de variação, desvio-padrão, função CHI quadrado e coef. de correlação de Pearson do FMF_{25-75%}, por sexo e área de Cubatão.

FMF _{25-75%} MENINOS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-8,25	1,68	0,11	0,99	-8,19	1,68	0,01	1,00
VNO	-6,62	1,05	0,71	0,98	-6,42	1,09	0,23	0,99
VNA	-10,69	1,99	1,23	0,96	-10,40	2,06	1,01	0,96
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-5,75	1,97	3,13	0,81	-6,63	2,03	0,09	0,99
JIN	-9,00	1,94	0,16	0,99	-9,06	1,96	0,12	0,99
C95	-5,17	1,75	2,71	0,75	-5,16	1,80	2,71	0,73
C200	-8,12	2,33	1,40	0,89	-7,50	2,38	0,02	1,00

FMF _{25-75%} MENINAS								
	INCLUIDO 1988				EXCLUIDO 1988			
	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²	VARIAÇÃO	D.P.	CHI ²	r ²
JCA	-3,40	1,43	0,10	0,98	-3,43	1,46	0,09	0,98
VNO	-4,22	1,15	0,89	0,94	-4,10	1,18	0,66	0,95
VNA	-5,43	2,42	1,04	0,80	-5,28	2,46	0,91	0,79
JNR	-	-	-	-	-	-	-	-
VPA	-	-	-	-	-	-	-	-
CNT	-4,69	2,16	0,06	0,99	-4,62	2,18	0,00	1,00
JIN	-3,63	1,49	5,52	0,52	-2,99	1,59	4,23	0,47
C95	-2,90	1,96	2,22	0,53	-2,21	2,07	1,17	0,52
C200	-7,35	2,83	4,08	0,69	-6,18	2,91	1,34	0,75
TOTAL	-6,21	0,44	4,06	0,983	6,07	0,45	2,05	0,990