



Esta Tese foi preparada no Centro de Estudo da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da Escola Nacional de Saúde Pública na Fundação Oswaldo Cruz, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciências, sob a orientação do Professor Josino da Costa Moreira e co-orientação da Dr<sup>a</sup> Leila de Souza da Rocha Brickus.

# FICHA CATALOGRÁFICA

SILVEIRA, MARITSE GERTH

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM UM GRANDE AEROPORTO NA  
CIDADE DO RIO DE JANEIRO**

Rio de Janeiro, FIOCRUZ, ENSP, CESTEH

Tese: Doutor em Ciências (Toxicologia Ambiental e Ocupacional)

1. Saúde Pública
  2. Qualidade do Ar de Interiores
  3. Química Ambiental
  4. Contaminação Química
  5. Contaminação Microbiológica
  6. Aeroportos
- I. FIOCRUZ
  - II. Título

Às minhas filhas:  
Maryanna e Chrystiane,  
pelo constante incentivo  
e compreensão

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Josino da Costa Moreira (FIOCRUZ-ENSP-CESTEH) e Leila Rocha Brickus, pela orientação e co-orientação deste trabalho de Tese.

À CONTROLBIO, em especial ao Dr. Luiz Fernando de Góes Siqueira, também professor da Faculdade de Saúde Pública - USP, e a Dr<sup>a</sup> Maria José Silveira, pelo financiamento da análise e identificação de fungos, sem o qual não seria possível a realização de parte deste estudo.

Ao Professor Francisco Radler de Aquino Neto (IQ-UFRJ) por permitir o acesso e a utilização do equipamento CG-EM.

Aos funcionários e estagiários do CESTEHE, em especial a Fátima Costa pelo apoio nas análises das amostras.

Ao Ministério da Saúde/Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, atual Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, pela liberação parcial de meu horário de Trabalho para desenvolver este estudo.

Ao amigo e colega Dr. Luís Felipe Moreira Lima, por ter acreditado na minha capacidade profissional.

Ao Dr. Oscar Berro e Jorge Baptista do Laboratório Central de Saúde Pública Noel Nutels - Secretaria Estadual de Saúde/Rio de Janeiro, pelo empréstimo do Amostrador Biológico e apoio na coleta das biopartículas.

Aos colegas do Ministério da Saúde - ANVISA/CGPAF/RJ, Departamento de Polícia Federal, INFRAERO e VARIG pela ajuda prestada durante a realização da amostragem e participação dos Estudos Epidemiológicos no Terminal Aeroportuário.

Aos meus familiares pelo carinho e incentivo.

## RESUMO

Durante as duas últimas décadas, têm aumentado o interesse científico sobre os efeitos da qualidade do ar de interiores na saúde humana, particularmente nos edifícios climatizados artificialmente.

Atualmente, sabe-se que uma grande variedade de substâncias químicas, materiais e agentes derivados biologicamente nos ambientes interiores, estão associados a uma grande variedade de sintomas/doenças.

Trabalhadores de um grande terminal aeroportuário, na cidade do Rio de Janeiro, vinham reclamando sobre a qualidade do ar e conforto ambiental. Devido as dificuldades usualmente encontradas em determinar as causas exatas das reclamações, um questionário foi administrado a fim de detectar a natureza e distribuição espacial das reclamações referente a saúde e conforto dos trabalhadores, visando identificar associações entre as respostas dos trabalhadores e as condições de trabalho. Os sintomas mais reportados foram: secura nos olhos, lacrimejamento, nariz entupido, dor de cabeça, dentre outros. Foram reportados pelos trabalhadores insatisfação quanto as condições ambientais (ventilação, umidade e temperatura) no interior do prédio.

O sítio estudado foi escolhido por ser um ambiente diferenciado devido a sua complexidade, pois contém todas as características de um ambiente de uso público e coletivo com uma enorme variedade de atividades e formas de ocupação.

Alguns parâmetros de qualidade do ar foram determinados: Matéria Particulada Total (MPT), Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV'sT) e fungos totais viáveis. Os resultados encontrados mostram que as concentrações de MPT e de COV's estavam abaixo dos limites legalmente estabelecidos. Os fungos detectados foram na sua maioria, não patogênicos, apesar de alguns gêneros apresentarem alta contagem e podendo causar riscos à saúde apesar de estarem dentro do Padrão Referencial Brasileiro para este tipo de biodispersante. Os níveis encontrados para os contaminantes do ar no interior do Terminal Aeroportuário estudado demonstraram que a higienização e a renovação do ar no sistema de aclimatação artificial do ambiente não foram eficientes o suficiente para mante-los em níveis baixos.

## ABSTRACT

During the last two decades there has been increasing concern within the scientific community over the effects of indoor air quality on health.

Actually, there is a wide variety of chemical substances, biological agents and biologically derived materials in the indoor environment, and these are associated with a range of illnesses.

In recent years, employees in a big airport terminal at the city of Rio de Janeiro have expressed their concerns about air quality and work environment discomforts. Because of the difficulties usually encountered determining the exact causes of such concerns about the building environment. A questionnaire was undertaken to assess the nature and spatial distribution of employee health and comfort concerns and to attempt to identify associations between employee responses and workplace conditions. The most commonly reported work-related symptoms among employees were: dry eyes, sore eyes, stuffy nose, headache, etc. The respondents reported that they were unsatisfied with the environmental conditions (air movement, humidity and temperature) inside the building.

The place studied is a differentiated ambient because of its complexity, it has all the characteristics of a public place with an enormous variety of activities and types of occupation.

The selected air quality parameters that were investigated indoor and outdoor of a passenger terminal the studied parameters were: Total Particulate Matter (TPM), Volatile Organic Compounds (VOC's), Total Volatile Organic Compounds (TVOC's) and airborne viable fungi. The results showed that the concentration of TPM and VOC's were below the threshold limit values. The detected fungi were mainly non-pathogenic, some genus had high counting but below the Brazilian Reference Standard, it can bring risks to the health. The levels found for the indoor air contaminants demonstrated that hygienization and exchange of the Air Conditioning System were not efficient enough to keep the levels down.

## SUMÁRIO

Ficha catalográfica.....	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Sumário.....	viii
Abreviaturas e Símbolos.....	xii
Anexos.....	xv
Figuras.....	xvi
Gráficos.....	xvii
Quadros.....	xviii
Tabelas.....	xix

### CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO.....	1
-----------------	---

### CAPÍTULO II

PESQUISA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LOCALIDADE.....	4
Histórico.....	4
O Impacto Ambiental.....	5
Poluentes Gerados pelas Aeronaves.....	6
Características do Terminal Estudado.....	8

### CAPÍTULO III

POLUENTES DO AR DE INTERIORES E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA.....	9
Temperatura e Umidade Relativa.....	11
POLUENTES QUÍMICOS E ALGUNS EFEITOS OCASIONADOS À SAÚDE.....	11
Gases.....	11
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) / Monóxido de Carbono (CO).....	13
Radônio.....	15

Compostos Orgânicos.....	15
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's).....	16
Formaldeído.....	18
Destilados do Petróleo.....	19
Compostos Orgânicos Semi-Voláteis.....	19
Asbestos.....	20
Material Particulado em Suspensão.....	21
Fumaça de Tabaco.....	21
<b>POLUENTES BIOLÓGICOS.....</b>	<b>24</b>
Alérgenos Biológicos presentes em Ambientes Interiores.....	25
<b>O AMBIENTE E AS SAÚDES PÚBLICA E OCUPACIONAL.....</b>	<b>28</b>
Relações Saúde/Trabalho.....	28
<b>DOENÇAS REFERENTES A AMBIENTES INTERNOS.....</b>	<b>30</b>
Síndrome do Edifício Doente (SED).....	31
Doenças Relacionadas ao Edifício (DRE).....	33
Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla (SQM).....	33

## **CAPÍTULO IV**

<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
Sistematização de dados.....	35
Localização e características do sítio amostrado.....	35
Descrição do Sistema de distribuição do ar no Terminal .....	35
Pontos de Amostragem.....	39
Estudo Epidemiológico.....	39
Administração dos questionários.....	40
Temperatura e Umidade do Ar.....	40
Contaminantes Químicos e Matéria Particulada Total.....	40

Biopartículas - Fungos.....	41
Metodologias Analíticas	
Determinação da Temperatura e Umidade Relativa do Ar.....	41
Determinação da Matéria Particulada Total (MPT), COV's e	
Aldeídos.....	42
Isolamento e caracterização dos COV's.....	43
Determinação de Aldeídos.....	44
Recristalização da 2,4-DNFH.....	45
Preparação dos Cartuchos.....	46
Análise dos Cartuchos.....	46
Quantificação de aldeídos por CLAE-DUV.....	47
Determinação de COV's por Adsorção/Dessorção em Carvão	
Ativado e XAD-2.....	47
Quantificação por CGAR-DIC e identificação por	
CGAR-EM/C.....	50
Amostragem de Biopartículas - Fungos.....	53
Preparação dos meios de Cultura.....	53
Contagem e Identificação dos Fungos.....	54

## **CAPÍTULO V**

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
Dados Epidemiológicos.....	56
Variáveis Físicas e Conforto Ambiental.....	57
Odor e Ruído.....	60
Sintomas e Sinais Relacionados a Saúde.....	61
Matéria Particulada Total e Variáveis Químicas.....	62
Matéria Particulada Total (MPT).....	62
Aldeídos - Formaldeído e Acetaldeído.....	64
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) e Compostos	

Orgânicos Voláteis Totais (COV'sT).....	66
Variável Biológica - Fungos.....	78
Resultados Relativos.....	79
Resultados Quanlitivos.....	79
Resultados Quantitativos .....	81
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>89</b>

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

BRASINDOOR - Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e Controle de Qualidade de Ar de Interiores.

CGAR - Cromatografia Gasosa de Alta Resolução.

CGAR-DIC - Cromatografia Gasosa de Alta Resolução com Detector por Ionização de Chama.

CGAR-EM/C - Cromatografia Gasosa de Alta Resolução acoplada a Espectrometria de Massas Computadorizada.

CLAE-DUV - Cromatografia Líquida por Alta Eficiência com Detector por Ultravioleta.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CONTROLBIO - Empresa de Assessoria em Microbiologia em Geral (Controlbio Assessoria Técnica Microbiológica S/C Ltda).

COV - Composto Orgânico Volátil.

COV's - Compostos Orgânicos Voláteis.

COV'sT - Compostos Orgânicos Voláteis Totais.

COSV - Composto Orgânico Semi-Volátil.

COSV's - Compostos Orgânicos Semi-Voláteis.

2,4-DNFH - 2,4-Dinitrofenilhidrazina.

2,4-DNFHo - 2,4-Dinitrofenilhidrazona.

FDA - Administração de Alimentos e Medicamentos dos E.U.A. (Food and Drug Administration).

HPA - Hidrocarboneto Policíclico Aromático.

HPA's - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos.

INFRAERO - Infraestrutura Aeroportuária.

LTB - Limite de Tolerância Biológica.

MPT - Matéria Particulada Total.

MPR - Matéria Particulada Respirável.

NIOSH - Instituto Nacional para a Segurança e Saúde Ocupacional dos E.U.A. (National Institution of Occupational Safety and Health).

NR-15 - Norma Reguladora número 15 do Ministério do Trabalho.

OSHA - Administração de segurança e Saúde Ocupacional dos E.U.A. (U.S. Occupational Safety and Health Administration).

QAEF - Qualidade do Ar em Recintos Fechados.

SED - Síndrome do Edifício Doente (Sick Building Syndrome).

TPS - Terminal de Passageiros.

UFC - Unidade Formadora de Colônias.

U.S.E.P.A. - Agência de Proteção Ambiental dos E.U.A. (US-Environmental Protection Agency).

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Micrograma por metro cúbico.

#### Categorias de Carcinogenicidade

A1- Carcinogênico confirmado para seres humanos, baseado na evidência de estudos epidemiológicos.

A2- Suspeito de ser carcinogênico para seres humanos. Usado primariamente quando há evidências limitadas de carcinogenicidade em seres humanos e evidencia suficiente de carcinogenicidade em animais experimentais com relevância para humanos.

A3- Confirmado carcinogênico para animais e com relevância desconhecida para seres humanos. Os estudos epidemiológicos não confirmaram o aumento de risco de câncer em seres humanos expostos ao químico.

A4- Não são classificados como carcinogênico para seres humanos. Agentes que causam preocupação se eles seriam ou não carcinogênicos para seres humanos, porém não há estudos conclusivos devido a falta de dados. Não provém indicações de carcinogenicidade nos estudos *in vitro* ou em animais, suficientes para classificar o agente nas outras categorias.

BEI (Biological Exposure Indices)- Índice de Exposição Biológica- Serve como valor de referência. O determinante pode ser a substância química ou seus metabólitos, ou uma característica bioquímica reversível induzida pelo químico. A medida pode ser feita através de sangue, urina, etc.

#### Categorias do TLV

TLV - TWA (Threshold Limit Value - The Weighted Average)- concentração de TWA para um trabalho de 8 hs diárias e 40 horas/semana, em que a maioria dos trabalhadores são expostos repetitivamente dia após dia, sem sofrerem efeitos adversos.

TLV - STEL (Threshold limit Value - Short Term Exposure Limit)- Concentração em que o trabalhador pode ser exposto continuamente por um curto período de tempo quando exposto a altas concentrações, sem sofrer: 1) Irritação, 2) Danos crônicos ou irreversíveis do tecido, ou 3) narcose de grau suficiente para reduzir a eficiência no trabalho. Ele suplementa o TWA. A STEL só é recomendada nos casos de efeitos tóxicos de curta duração a altas concentrações, tanto para humanos quanto para animais.

TLV-C (Threshold Limit Value – Ceiling)- são as concentrações que não podem ser excedidas durante qualquer período de exposição

## ANEXOS

ANEXO I- Portaria 3.523/GM de 28/08/1998.....	106
ANEXO II- Resolução -RE nº 176 de 24/10/2000.....	119
ANEXO III- Características físico-químicas do combustível jet-fuel A - Chevron.....	131
ANEXO IV- Foto Aérea do Aeroporto estudado.....	132
ANEXO V- Divisão do segundo andar do Terminal Aeroportuário nos setores Verde, Azul e Vermelho.....	133
ANEXO VI- Questionário.....	134
ANEXO VII- Valores adotados pelo ACGIH para alguma substâncias.....	137
ANEXO VIII- Padrão Referencial Brasileiro para Fungos (BRASINDOOR).....	138
ANEXO IX - Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E1.....	139
Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E2.....	139
Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E3.....	140
Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E4.....	140
Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E5.....	141
Concentrações de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) - Ponto E6.....	141
ANEXO X- Limites de Tolerância em mg/m <sup>3</sup> (NR - 15).....	142
ANEXO XI- Espectros de massa de alguns COV's amostrados.....	143

## FIGURAS

FIGURA 1- Emissões gasosas características de uma Turbina JT.....	7
FIGURA 2- Transporte do ar no sistema de refrigeração de ambientes interiores.....	10
FIGURA 3- Mecanismo de deposição de partículas nos pulmões.....	23
FIGURA 4- Ambiente propício para a contaminação do ar interior.....	25
FIGURA 5- Síndrome do Edifício Doente.....	33
FIGURA 6- Representação Esquemática do Sistema de entrada de ar do Terminal Aeroportuário.....	37
FIGURA 7- Aparelhagem de amostragem múltipla de contaminantes químicos.....	42
FIGURA 8- Fluxograma de análise do aldeído .....	43
FIGURA 9- Cromatograma da análise de hidrazona do aldeído correspondente.....	46
FIGURA 10- Fluxograma da análise de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's).....	47
FIGURA 11- Cromatograma do Padrão Interno (P.I.) - octano deuterado.....	49
FIGURA 12- Cromatogramas do ponto E1 (externo - alto) e E3 (interno).....	50
FIGURA 13- Amostrador de Andersen.....	53
FIGURA 14- Variação da Concentração de Matéria Particulada Total (MPT).....	61
FIGURA 15- Concentração de formaldeído ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Inverno e Verão.....	63
FIGURA 16- Concentração de acetaldeído ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Inverno e Verão.....	64
FIGURA 17- Classes de COV's (%) identificados no Verão e Inverno nos pontos de Amostragem E1 (externo - alto) e E2 (interno), em diversos horários.....	66
FIGURA 18- Variação de COV'sT no Inverno e Verão.....	68
FIGURA 19- Tipos de colônias encontradas no Terminal Aeroportuário.....	77

## GRÁFICOS

Gráfico 1- Correlação dos fungos totais viáveis no ar Interno/Externo nos diferentes meses amostrados.....	76
Gráfico 2-Variação das concentrações médias de fungos totais viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) em diferentes meses amostrados - ar interior e exterior.....	79
Gráfico 3- Média das concentrações de fungos viáveis (ufc/m <sup>3</sup> ) encontrados nos pontos internos amostrados, em diferentes meses a diferentes temperaturas externas.....	81

## QUADROS

QUADRO I - Agentes alérgenos mais comuns encontrados em ambientes interiores...26

## TABELAS

TABELA I- Número total de aeronaves que utilizam o Terminal Aeroportuário.....	8
TABELA II- Fontes de contaminação que contribuem para a má qualidade do ar interior de ambientes fechados.....	9
TABELA III- Fontes mais comuns de COV's em ar de interiores.....	17
TABELA IV- Efeitos causados à saúde devido a exposição do formaldeído.....	18
TABELA V- Alguns constituintes da fumaça de tabaco.....	23
TABELA VI- Sintomas associados a Síndrome do Edifício Doente (SED).....	31
TABELA VII- Condições meteorológicas - Inverno de 1998 e Verão de 1999.....	38
TABELA VIII- Condições meteorológicas nos meses de junho a novembro de 1999...	38
TABELA IX- Perfil dos participantes do questionário em relação a sexo e idade.....	54
TABELA X- Perfil dos participantes do questionário em relação a sexo, fumante e não Fumante.....	55
TABELA XI- Conforto Ambiental - Inverno e Verão - Respostas dos questionários Respondidos expressos em % .....	56
TABELA XII- Sintomas e sinais relacionados a saúde.....	59
TABELA XIII- Concentração de Matéria Particulada Total (MPT) expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	60
TABELA XIV- Concentração de acetaldeído expresso em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	62
TABELA XV- Concentração de formaldeído expresso em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	62
TABELA XVI-1- Concentração de Compostos Orgânicos Voláteis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) identificados Inverno e Verão - 7:00 e 12:00 hs.....	71
TABELA XVI-2- Concentração de Compostos Orgânicos Voláteis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) identificados Inverno e Verão - 12:00 e 17:00 hs.....	72
TABELA XVI-3- Concentração de Compostos Orgânicos Voláteis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) identificados Inverno e Verão - 17:00 e 22:00 hs.....	73
TABELA XVII- Concentração de COV's nos pontos amostrados em diferentes horários ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	74
TABELA XVIII- Concentração de COV'sT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) encontradas nos diferentes Pontos do aeroporto estudado no Inverno e Verão .....	75
TABELA XIX- Correlação de fungos totais viáveis no ar Interno/Externo nos diferentes meses.....	76

TABELA XX- Média de concentração de fungos totais viáveis em ufc/m <sup>3</sup> em diferentes pontos amostrados no interior do Terminal .....	78
TABELA XXI- Média de concentração de fungos totais viáveis em ufc/m <sup>3</sup> em diferentes pontos amostrados no ar exterior do Terminal .....	79
TABELA XXII- Média dos fungos mais prevalentes (ufc/m <sup>3</sup> ) encontrados no ar interior do Terminal Aeroportuário.....	80
TABELA XXIII- Média dos fungos mais prevalentes (ufc/m <sup>3</sup> ) encontrados no ar exterior do Terminal Aeroportuário.....	80



# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas a qualidade do ar em ambientes interiores e o impacto dos poluentes à saúde dos seus ocupantes se tornou objeto de preocupação dos que atuam na área da Saúde Pública. A mídia brasileira (O Globo, Extra, JB, 1999) têm denunciado freqüentemente a deterioração do ar de ambientes internos, quase sempre provocada pela manutenção inadequada dos equipamentos de climatização.

O Ministério da Saúde, através da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, publicou, no Diário Oficial da União, em 28/08/98, a Portaria nº 3.523 (ANEXO I), aprovando Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de limpeza e manutenção dos sistemas de climatização e os Padrões Referenciais para a Qualidade do Ar de Ambientes Interiores. Devido ao seu caráter preventivo, a publicação foi considerada um marco importante na área da Saúde Pública, pois está bem documentado que a maioria dos problemas relacionados à qualidade do ar de ambientes interiores se deve à má conservação dos sistemas de ventilação mecânica e a baixa taxa de renovação do ar. A Portaria foi complementada pela Resolução nº 176, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de 24/10/2000 (ANEXO 2), que estabelece Padrões Referenciais que informam à população sobre a qualidade do ar interior em ambientes, público e coletivo, climatizados artificialmente, cujo desequilíbrio pode causar agravos à saúde dos seus ocupantes; instrumentaliza as equipes de profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar ambiental interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção.

O Controle de Qualidade do Ar de Interiores estuda o impacto dos ambientes fechados na saúde humana. Atualmente, ele está subdividido em função do ambiente estudado, em: domicílios; escritórios (áreas de uso público e coletivo); hospitais e plantas fabris.

Os aeroportos são ambientes de grande complexidade, pois contém todas as características de um ambiente de uso público e coletivo, além de uma enorme variedade de atividades e formas de ocupação. Eles não devem ser considerados apenas como o provedor da infra-estrutura necessária para o transporte aéreo, pois têm um nível de complexidade semelhante ao de uma minicidade. Nas suas dependências encontramos escritórios, serviço médico, lojas, hotéis, capela, bancos, correios, dormitórios e restaurantes.

Além das fontes internas, a qualidade do ar no interior dos aeroportos sofre influência da contaminação proveniente de fontes externa. Os aeroportos se caracterizam pela presença

de aeronaves pousando, taxiando e decolando a todo momento. Conseqüentemente, o ambiente recebe uma descarga volumosa de elementos poluentes. Além da poluição proveniente da queima de combustíveis nas aeronaves, é preciso considerar que a qualidade do ar nos ambientes interiores e exteriores dos aeroportos também sofre a influência da poluição proveniente da frota de veículos utilizados em terra, que dão suporte às aeronaves.

A existência de múltiplas fontes de poluição transforma o espaço aeroportuário numa área crítica, com elevado risco de poluição de origem química, física e biológica. O descontrole nos níveis de concentração dos poluentes encontrados no interior dos terminais aeroportuários representam uma ameaça para a saúde de seus ocupantes. A deterioração do ar no aeroporto pode afetar tanto os trabalhadores dos serviços de transporte como os usuários que, geralmente, passam horas confinados nestes locais.

Esse conjunto de fatores fez com que as autoridades sanitárias, dos países desenvolvidos, passassem a se preocupar com a qualidade de ar de ambientes interiores dos aeroportos, uma vez que a maioria desses espaços utiliza sistema de climatização artificial (SILVEIRA, 1991).

Apesar da evolução tecnológica observada no nosso País durante as últimas décadas, até o momento, não foi feito nenhum estudo científico, dotado de metodologia apropriada, sobre a qualidade de ar de ambientes interiores dos aeroportos brasileiros e nem sobre a interferência da poluição do ar ambiental interno dos aeroportos na saúde dos trabalhadores. A pequena literatura disponível, geralmente publicada por órgãos sindicais (Saúde do Aeronauta, do SNA - Sindicato Nacional dos Aeronautas, dentre outros) e/ou por funcionários das próprias empresas, como é o caso dos livros "Voando com os Pilotos" e "Depois da turbulência", escritos e publicados pela Associação de Pilotos da VARIG (LOTERIO, 1998), não é específica e não se detém nas questões referentes à avaliação da qualidade do ar.

O presente trabalho tem como objetivo principal criar uma metodologia para avaliar a qualidade do ar ambiental dos terminais aeroportuários. A carência de metodologias integradoras fez com que fosse necessário o desenvolvimento de uma metodologia que permitisse integrar todos os elementos avaliados e se ter uma visão total do ambiente em estudo. Esta metodologia foi aplicada a uma situação real no sítio estudado. A metodologia foi composta de aspectos: ambientais, humanos, tecnológicos e epidemiológicos.

Através da aplicação da metodologia proposta foram identificados e quantificados os poluentes mais significativos presentes no ambiente interior dos aeroportos - Material Particulado Total (MPT), Compostos Voláteis Orgânicos (COV's) incluindo Formaldeído e Acetaldeído, e Compostos Voláteis Orgânicos Totais (COV'sT). Também foram avaliados qualitativa e quantitativamente a bioaerodispersão, utilizando como marcador biológico a

presença de fungos viáveis. Entendemos que a ausência de literatura especializada na área em questão confere relevância ao presente estudo. Os profissionais de saúde que se dedicam a análise da qualidade do ar de ambientes interiores necessitam dominar esse tipo de tecnologia. Conhecer e monitorar a qualidade do ar nesses ambientes é uma obrigação da Saúde Pública para evitar possíveis agravos à Saúde.

O trabalho está subdividido em oito capítulos que versam subseqüentemente sobre: características gerais do ambiente aeroportuário, poluentes do ar e seus efeitos à saúde humana, materiais e métodos, resultados, discussão e conclusão, finalizando com algumas sugestões que venham a contribuir com o Estado da Arte.

## CAPÍTULO II

# PESQUISA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LOCALIDADE

### **Histórico**

A preocupação em relação as emissões ocorridas nos aeroportos iniciou-se, no final da década de cinquenta, quando apareceram as primeiras aeronaves turbinadas. As primeiras notificações foram referente aos odores, oriundos da exaustão, e a visível fumaça proveniente das turbinas. As constantes reclamações levaram as agências oficiais de controle de poluição, a estudar a possibilidade delas causarem efeitos adversos à saúde.

O primeiro estudo relevante sobre as emissões atmosféricas de aeronaves foi conduzido pela *Los Angeles County Air Pollution Control District* (LAC-APCD), entre 1960-1965 (apud BASTRESS, 1973). Os resultados indicaram que as aeronaves contribuíam com uma pequena, porém, significativa fração de todos os poluentes medidos na atmosfera do Condado de Los Angeles, ou seja, os aviões eram responsáveis por cerca de 1 - 2% das emissões do monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio e de, aproximadamente, 10% dos particulados.

Um estudo subsequente (apud BASTRESS, 1973), realizado em 1968 e financiado pela *National Air Pollution Control Administration* (NAPCA), ocupou-se com os efeitos das emissões das aeronaves nos E.U.A. e os métodos de controle dessas emissões. Os resultados indicaram que as aeronaves contribuíam com pelo menos 2% em todos os tipos de poluentes do ar, incluindo a matéria particulada nas áreas metropolitanas. Os autores previam que esta fração poderia aumentar com o aumento das atividades das aeronaves, mas tal previsão não se concretizou na extensão imaginada, devido ao desenvolvimento tecnológico das turbinas, já que a emissão dos poluentes é função da força e do consumo de combustível pelas turbinas.

A qualidade do ar externo de alguns dos maiores aeroportos dos Estados Unidos, foi avaliada recentemente. Estudos financiados pela (United States Environmental Protection Agency (U.S.E.P.A), feitos no Aeroporto Internacional de Los Angeles, recomendaram a necessidade da regulamentação de legislação específica com a finalidade de controlar o impacto das emissões causadas por aeronaves em aeroportos e áreas conexas e acabaram por incentivar o desenvolvimento de métodos específicos para dosar e controlar a emissão de poluentes gerados por aeronaves (apud BASTRESS, 1973).

## O Impacto Ambiental

Quando se pensa no impacto ambiental observado em um aeroporto, vem logo em mente os poluentes emitidos pelas aeronaves, porém, nestes ambientes tem-se problemas de emissões de fontes múltiplas, algumas em movimento (veículos automotores e aeronaves) e outras estacionárias (sistemas de climatização).

O impacto dos poluentes atmosféricos emitidos por aeronaves, tanto no interior quanto exterior de um terminal aeroportuário, pode ser definido em termos de concentração ambiental destes poluentes. Estas concentrações devem ser comparadas com os valores de referência de qualidade do ar, quando existentes, para se obter a indicação qualitativa do impacto, e a partir daí, determinar-se a implementação de métodos de controle.

Os padrões de referência para a qualidade do ar em um aeroporto devem atender à Saúde Pública e considerar o bem estar de todos os trabalhadores e usuários do complexo aeroportuário.

Um fator adicional, que deve ser considerado ao se avaliar o impacto das emissões geradas pelas aeronaves em um aeroporto, são os poluentes provenientes de outras fontes vizinhas uma vez que os mesmos podem causar uma alta concentração de poluentes (elevado *background*), que por sua vez podem variar com o tempo e com as condições meteorológicas e eventualmente causar um impacto maior do que o causado pela atividade aeroportuária.

Nas três últimas décadas, vários estudos da qualidade do ar em grandes aeroportos vêm sendo conduzidos, como aqueles realizados nos aeroportos John F. Kennedy, Nova York e de Los Angeles; Heathrow, Londres; Orly e Charles De Gaulle, Paris; Arlanda, Suécia dentre outros.

KEDDIA *et al.* (1973), em um estudo sobre a poluição do ar na vizinhança de um aeroporto na Inglaterra, mostrou que a principal fonte dos poluentes encontrados na atmosfera do local de amostragem foram gerados por motores à combustão, tanto das aeronaves quanto dos veículos automotores.

NISHI *et al.* (1977), estudando a dispersão das emissões provenientes de aeronaves, nos arredores do Aeroporto Internacional da Osaka, no Japão, verificou um aumento significativo de poluentes resultantes das emissões provenientes das aeronaves.

BRAVO *et al.* (1978), identificou o Aeroporto Internacional do México como uma importante fonte de poluição ambiental. A poluição do ar ambiental ao redor do Aeroporto de Schiphol, Amsterdam, foi estudada por VAN DEN ANKER *et al.* (1990). O impacto das emissões das aeronaves na qualidade do ar na vizinhança dos aeroportos Internacional de Los

Angeles, John F. Kennedy, de Nova York e Internacional de Orlando, localizados nos Estados Unidos da América, foi estudado por YAMARTINO *et al.* (1981). Ambos os estudos, concluíram que o impacto ambiental causado pelos poluentes gerados em um aeroporto não diferem tanto em qualidade quanto em quantidade daqueles normalmente encontrados em outros locais.

Outro aspecto que também tem despertado o interesse dos pesquisadores, é a qualidade do ar no interior de aeronaves. THIBEAULT (1997), estudando a qualidade do ar em cabines de aeronaves, descreveu os possíveis parâmetros físicos envolvidos na dispersão de poluentes que afetam a qualidade do ar naqueles compartimentos. A pressurização, a ventilação, a natureza do contaminantes, a umidade e a temperatura são os fatores preponderantes.

DESCHOW *et al.* (1997), investigaram o número de partículas, a contaminação microbiológica e a concentração de compostos orgânicos voláteis em cabines de aeronaves, e comparou os resultados com os obtidos com a análise do ar fresco e do ar recirculado. Os resultados mostraram que: as partículas encontradas no interior das aeronaves eram emitidas principalmente por passageiros, especialmente pelos fumantes; as espécies de microorganismos mais abundantes não eram patogênicos; as concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis estavam abaixo dos valores permitidos. O etanol foi o composto identificado em maior concentração provavelmente devido a quantidade de bebidas alcoólicas ingeridas durante o voo.

SILVEIRA (1991) estudando a qualidade do ar no interior e no exterior do Aeroporto Internacional de Zaventem, em Bruxelas, verificou que tanto no ar do interior quanto do exterior daquele aeroporto, o benzeno, o tolueno e os xilenos, dentre outros Compostos Orgânicos Voláteis foram os mais abundantes. Concluiu que os níveis de contaminação do ar no exterior do aeroporto, contribuíram bastante para as concentrações observadas no interior do mesmo. Na ausência de fontes poluentes no interior do prédio, o que raramente ocorre, os níveis exteriores afetam as concentrações no ambiente interior através da infiltração de ar pelo sistema de ventilação e ar condicionado.

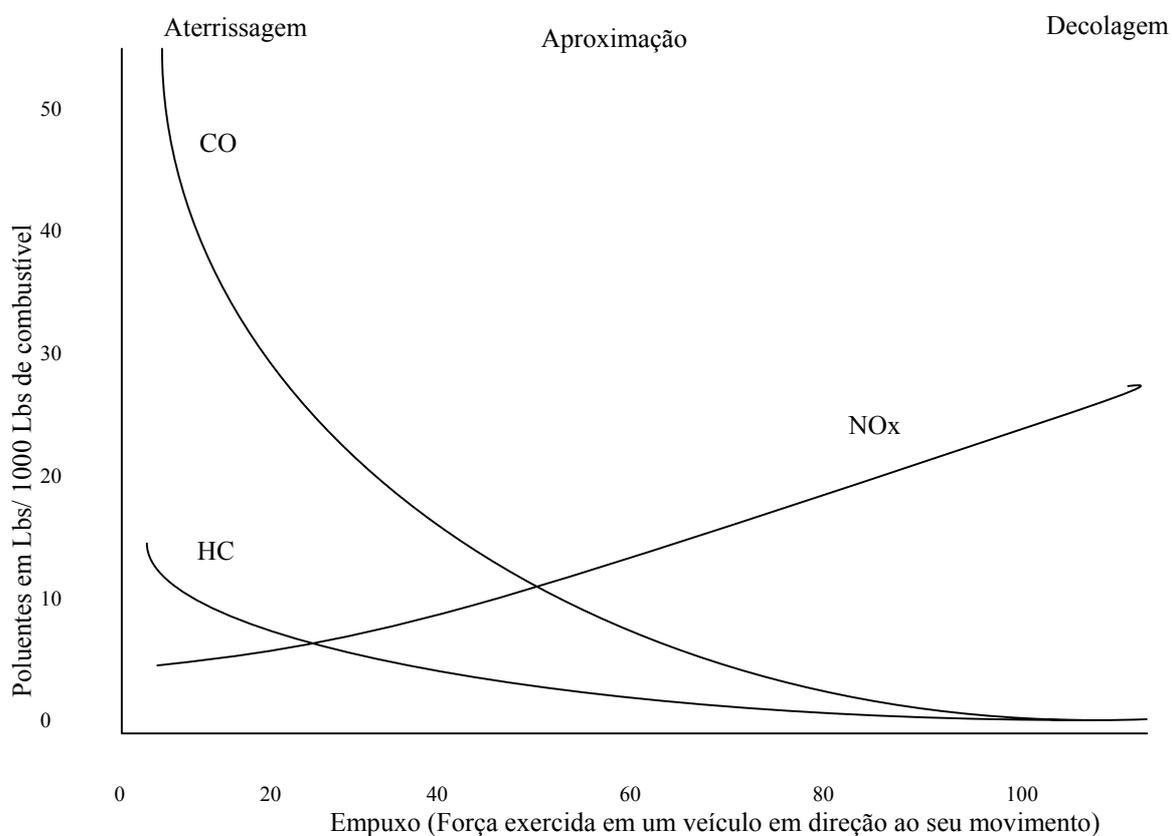
### **Poluentes gerados pelas aeronaves**

Os principais poluentes emitidos pelas turbinas das aeronaves são os hidrocarbonetos, o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, a matéria particulada e os óxidos de enxofre (VIELLAR *et al.*, 1989).

As principais fontes de poluentes atmosféricos no ar externo de um aeroporto, são a combustão gasosa incompleta das turbinas das aeronaves e de outros motores de veículos e máquinas de qualquer natureza, que transitam na área aeroportuária.

A emissão dos poluentes é função da capacidade e tipo do motor da aeronave, assim como do consumo de combustível.

A FIGURA 1 mostra as emissões gasosas de uma turbina do tipo JT. Como pode ser observado na mesma, cerca de 90% de CO e HC são emitidos durante a operação de aterrissagem e taxiamento da aeronave, e 80% dos NOx são, principalmente, emitidos quando o motor está em alta rotação, e durante a decolagem da aeronave. (VIELLARD, 1989).



Fonte: JAPCA, vol.29, 1979, p. 113

FIGURA 1: Emissões Gasosas características de uma Turbina JT

Depois dos anos 70, o progresso efetuado nos motores das aeronaves permitiram reduzir a 10% as emissões de NOx e de 70 a 90% o de CO e HC.

O combustível utilizado pelas aeronaves (*jet fuel*), contém uma mistura complexa de hidrocarbonetos do petróleo (C<sub>9</sub> a C<sub>16</sub>), alifáticos, aromáticos, olefinas e monocicloparafinas.

O *jet fuel* é composto de hidrocarbonetos da fração média do destilado do petróleo (kerosene), com os mesmos componentes dos destilados leves. Ele é comumente conhecido como "Aviation Turbine Kerosine"(ATK), está disponível com vários nomes: Jet A-1 A-2;

Jet A-1 D-1; Jet A-2 D-1, que contém uma mistura complexa de hidrocarbonetos de petróleo contendo C<sub>9</sub> - C<sub>16</sub>, alifáticos, aromáticos, monocicloparafinas e olefinas. Tem um conteúdo aromático de no máximo 22% e pode conter um inibidor de congelamento - 2-metoxietanol, menor que 2%. As características físico-químicas do *jet fuel* A se encontram na ANEXO III (CHEVRON, 1990).

Assim como outros produtos provenientes da natureza, a concentração dos componentes podem variar de um lote de combustível para outro.

### Características do Terminal estudado

O Terminal aeroportuário estudado é um dos mais importantes no Brasil, possuindo elevado nível de ocupação. O número de trabalhadores deste Terminal Aeroportuário, chega a 28.000, enquanto o número total de aeronaves que utilizaram esse aeroporto nos últimos 4 anos bem como o número de passageiros são mostrados na TABELA 1.

TABELA 1: Número total de aeronaves e de passageiros que utilizaram o aeroporto no período de 1996-1999

Ano	Número de Vôos	Nº de Passageiros Embarcados, Desembarcados, Conexão e Trânsito
1996	81.000	6.315.932
1997	81.270	6.328.487
1998	104.994	7.882.171*
1999	84.280	5.797.814**

Fonte: SETA/Micro (Sist. Estatística de Tráfego Aéreo)

Fatos relevantes a estatística:

\* Copa de Futebol na França

\*\* Desvalorização do Real

## CAPÍTULO III

### POLUENTES DO AR DE INTERIORES E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA

De acordo com STERLING *et al.* (1991) "*os edifícios modernos brindam-nos com as condições necessárias para a criação de um nicho ecológico complexo capaz de se tornar uma possível fonte de doenças para o homem*".

Em 1986, um estudo realizado pela National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), identificou e quantificou as fontes de contaminação que contribuem para a má qualidade do ar de ambientes interiores em microclimas artificiais. Estas fontes são mostradas na TABELA II.

TABELA II: Fontes de contaminação que contribuem para a má qualidade do ar interior em ambientes fechados, expressos em %.

Fonte	%
Ventilação inadequada	52
Contaminação interior	17
Contaminação exterior	11
Contaminação microbiológica	5
Material de construção	3
Causas desconhecidas	12

Fonte: NIOSH (citado por Costa, 1998)

Os fatores que determinam a contribuição da poluição do ar de ambientes exteriores influenciando a qualidade do ar de ambientes interiores, incluem o tipo de ventilação utilizada (natural ou forçada), a taxa de ventilação (troca de ar por hora) e a natureza dos contaminantes em questão WANNER (1993).

Um bom sistema de ventilação em um prédio, cria um ambiente confortável e saudável para seus ocupantes. Para um bom conforto térmico, a ventilação deve ser tal que os espaços internos recebam a quantidade suficiente de ar proveniente do exterior que este possa ser aquecido ou resfriado à temperatura adequada ao conforto de seus ocupantes.

A qualidade do ar de interiores pode ser avaliada através da percepção de odores, condições térmicas e de ventilação. Para isto, além das condições físicas, os espaços interiores devem receber o ar livre de contaminantes químicos e microbiológicos (FIG.2).

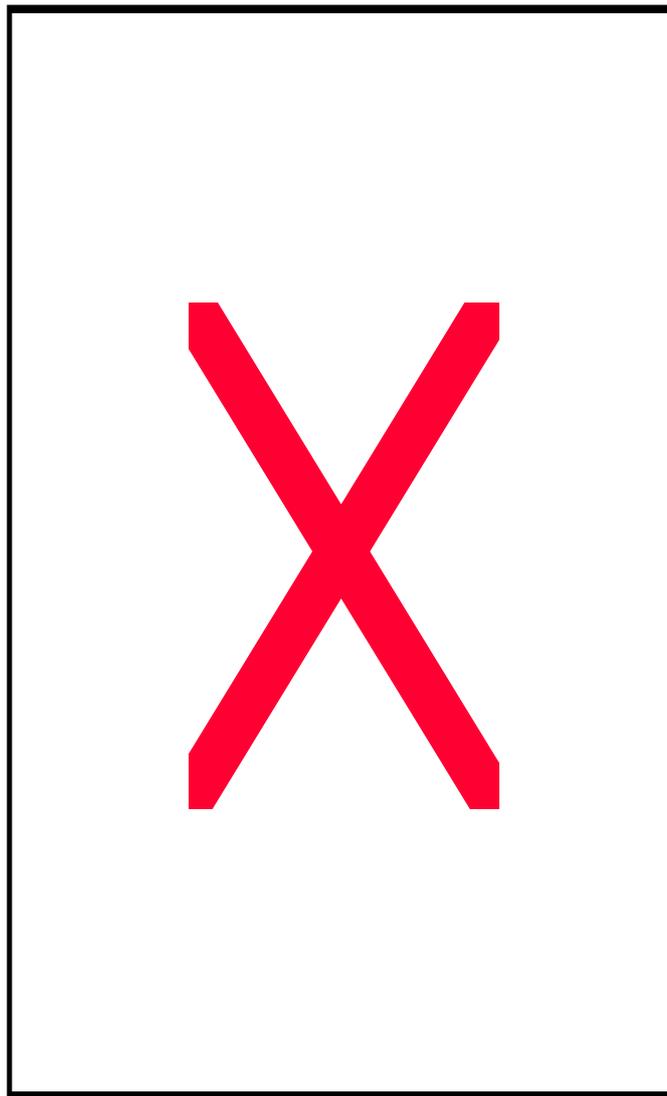


FIGURA 2: Transporte do ar no sistema de refrigeração de ambientes interiores  
Fonte: Jornal O Globo

MENDELL E SMITH (1990), mostraram claramente que alguns sistemas de ventilação podem contribuir significativamente para a concentração de poluentes em ambientes interiores e, conseqüentemente representarem uma ameaça à saúde de seus usuários/ocupantes.

A situação observada nos aeroportos é ainda mais complexa pois em um aeroporto ocorrem fontes de emissões de poluentes tanto interna, proveniente de equipamentos e materiais, quanto externa.

Uma grande variedade de poluentes estão associados à queima de combustíveis. Por exemplo, a produção de calor através da queima de carvão, que é uma prática antiga, produzia elevada contaminação dos ambientes internos por uma série de gases e produtos da combustão orgânica (WALLACE, 1996). Em alguns países, especialmente do leste europeu e China, o

uso deste tipo de energia ainda predomina nos dias atuais e tem contribuído para inúmeros casos de problemas alérgicos e de saúde (LAN *et al.*, 1993).

A resposta aos poluentes do ar em ambientes interiores, também podem ser afetados por fatores de conforto, tais como temperatura e umidade.

### **Temperatura e Umidade Relativa**

É amplamente aceito que a umidade é um fator primário limitante para o crescimento de mofos em edifícios. A temperatura e o tipo de substrato disponível também são importantes fatores que afetam a velocidade do crescimento. O crescimento de mofos não requerem a presença de água no estado líquido. É o teor de umidade presente no substrato, e não, simplesmente, a umidade relativa no ar ambiente, que atua como fator importante no controle do crescimento dos microorganismos ( MOREY, 1996).

É importante ressaltar que em um aeroporto, o fluxo humano observado em seu interior tem grande importância nas condições determinantes do crescimento microbiológico, pois o fluxo de passageiros e visitantes, que é, geralmente muito grande, provoca alterações de temperatura e umidade no interior do recinto, além de contribuir para a ressuspensão de partículas e para a emissão de COV's (produtos de higiene pessoal e de poluentes provenientes do metabolismo).

## **POLUENTES QUÍMICOS E ALGUNS EFEITOS OCASIONADOS À SAÚDE**

Os principais poluentes químicos observados em ambientes internos serão sumariamente discutidos a seguir.

### **Gases**

O ozônio é um dos mais importantes contaminantes de ambientes interiores, a principal fonte ocorre através do transporte do exterior-interior do compartimento, se não houver fontes de disseminação de ozônio no interior do recinto, os níveis variam normalmente entre 20 a 30% dos valores encontrados na atmosfera exterior de escritórios moderadamente ventilados (WESCHLER *et al.*, 1997).

Na atmosfera de interiores ele é formado principalmente a partir de equipamentos como máquinas fotocopadoras ou motores elétricos (WOLKOFF *et al.*, 1993), equipamentos estes muito utilizados em aeroportos. O ozônio e o dióxido de enxofre são bons exemplos de

gases que se depositam eficientemente em superfícies (BRIMBLECOMBE, 1990), o que significa que mesmo quando suas concentrações no ar interior estão consideravelmente reduzidas, as superfícies possam apresentar concentrações significativas. O ozônio é considerado um oxidante primário, devido a esta característica, uma série de reações que dependam diretamente ou indiretamente da sua presença poderão ser desencadeadas no ambiente, gerando produtos que afetem o conforto, saúde e até a deterioração de materiais.

O ozônio reage rapidamente com a dupla ligação C-C dos hidrocarbonetos insaturados (ATKINSON *et al.*, 1995) gerando aldeídos e/ou cetonas, como produto final, que são frequentemente mais irritantes do que seus precursores. Os exemplos incluem desde aldeídos simples : formaldeído, acetaldeído, hexanal, nonanal e decanal; aldeídos aromáticos: benzaldeído e tolualdeído; e cetona simples tais como acetona e butanona (GROSJEAN *et al.*, 1992). A reação de O<sub>3</sub>/alcenos e OH/alceno tem como produto secundário ácidos carboxílicos: ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico, hexanóico, nonanóico e benzóico (GROSJEAN *et al.*, 1992). O ozônio também reage com os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) provenientes do ambiente externo e, dentre outros compostos poderão ser formados o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) através da reação O<sub>3</sub>/NO, que por sua vez reagir com o O<sub>3</sub> formando uma razão significativa do radical nitrato (NO<sub>3</sub>·), que por sua vez reage com compostos orgânicos contribuindo na formação do ácido nítrico (NAZAROFF e CASS, 1992).

O guideline recomendado pela ANSI/ASHRAE 62-1989 e EPA, para o ozônio em ambiente interior é de 100 µg/m<sup>3</sup> para uma exposição contínua.

Tem ocorrido um considerável interesse toxicológico sobre o ozônio, ele induz a uma variedade de efeitos a saúde tanto nos seres humanos quanto em animais experimentais. Esses efeitos incluem alterações bioquímicas, morfológicas, funcionais e imunológicas. Devido a baixa solubilidade em água uma porção substancial de ozônio inalado penetra profundamente nos pulmões, causando patologias no trato respiratório, a reversão dos sintomas dependerão da dose e do período de exposição KLAASSEN (1996).

O oxigênio, outro componente gasoso da atmosfera, por sua vez, pode se combinar com substâncias reativas e/ou luz, formando espécies reativas, tais como: dióxido de nitrogênio, oxigênio singlete, dióxido de enxofre, superóxido, peróxido de hidrogênio e peróxidos orgânicos, que poderão desempenhar um papel importante nas reações redox atmosféricas, podendo ser crítico em ambientes fechados (PITTS *et al.*, 1969).

O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) é outro gás frequentemente encontrado tanto no ar exterior quanto interior. Esse agente oxidante é normalmente produzido pela combinação do nitrogênio com o oxigênio durante processos de combustão a altas temperaturas (MARONI *et al.*, 1995). Internamente, a produção do NO<sub>2</sub> está associada a utilização de aquecedores a

querosene, queima de lenha e fumaça de tabaco dentre outras fontes. Adicionalmente o ar externo, pode ser ainda uma importante fonte de NO<sub>2</sub> para o ar de ambientes internos, principalmente em aeroportos (CHAN *et al.*, 1998).

Vários estudos tem mostrado a importância da presença de agentes oxidantes na formação/transformação de contaminantes no ar de recintos fechados (WESCHLER *et al.*, 1992b e 19994; ZHANG *et al.*, 1994; VECERA e DASGUPTA, 1994).

Segundo SAMET *et al.* (1993), a US E.P.A estabeleceu como concentração máxima anual média permitida de NO<sub>2</sub> na atmosfera, o valor de 53 ppb. Para ambientes industriais os guidelines recomendados pelo ACGIH, 1999, são de 3 ppm ou 5,6 mg/m<sup>3</sup> (TLV-TWA) e 5 ppm ou 9,4 mg/m<sup>3</sup> (STEL/C).

O NO<sub>2</sub> é sugerido como um agente oxidante e vários estudos demonstraram ser este gás muito irritante da membrana dos pulmões (SPENGLER, 1993). Todavia existem incertezas substanciais quanto a este efeito LAMBERT (1997).

O NO<sub>2</sub> parece se combinar com a água nos pulmões formando o ácido nítrico, podendo reagir com lipídeos e proteínas formando íons nitrito e hidrogênio (POSLETHWAIT *et al.*, 1990). Pesquisa experimentais sugerem que a exposição ao NO<sub>2</sub> pode aumentar o número de infecções respiratórias e efeitos adversos da função pulmonar (FRAMPTON *et al.*, 1991). LI *et al.*, 1994), descreveu que existem evidências de que os efeitos à saúde são maiores entre populações vulneráveis. O NO<sub>2</sub> pode atuar como agente desencadeador da asma, segundo estudos efetuados por JONES (1997), ou por efeito direto causando danos tóxicos ao pulmão ou através de sensibilização, onde os indivíduos mais suscetíveis geram resposta alérgica após contato com os alérgenos de ambientes internos.

### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) / Monóxido de Carbono (CO)**

O CO<sub>2</sub> é o principal constituinte do ar exalado durante o processo respiratório, formado no organismo durante processos metabólicos. A determinação da concentração do CO<sub>2</sub> nos ambientes internos é útil para se avaliar as quantidades adequadas de ar fresco que está sendo introduzido no recinto. Este gás é também o principal produto de combustão do querosene, madeira, gás e carvão e sua concentração aumenta quando estes materiais são utilizados (MORISKE *et al.*, 1996). Em ar de interiores, a concentração de CO<sub>2</sub> é normalmente maior do que em outros locais. Quando a concentração de CO<sub>2</sub> exceder a 1000 ppm é suspeita a ventilação inadequada do recinto, o que também poderá sugerir que a concentração de outros contaminantes pode estar igualmente elevada.

A concentração de CO<sub>2</sub> em ambiente interno varia entre 700 e 2000 ppm (aproximadamente 3657 mg/m<sup>3</sup>). Para ambientes industriais, os guidelines recomendados pelo ACGIH-1999 são de 5.000 ppm ou 9 g/m<sup>3</sup> (TWA) e 30.000 ppm ou 54 g/m<sup>3</sup> (STEL/C).

A exposição a concentrações altas de CO<sub>2</sub> (acima de 30.000 ppm ou 54.860mg/m<sup>3</sup>) leva a problemas de saúde (NASA, 1973). Segundo SCHWARZBERG (1973), a respiração pode ser levemente alterada a níveis acima de 30.000 ppm, podendo ocorrer dor de cabeça, tonteira, náusea e até asfixia. Segundo YANG *et al.* (1997) estas concentrações também afetam a percepção de movimento. Isto provavelmente porque o CO<sub>2</sub> possui atividade moderadora na atividade celular no córtex visual.

O Valor Máximo Recomendável para conforto e bem-estar, pela Resolução RE-176 da ANVISA é de 1000 ppm de CO<sub>2</sub>, como indicador de renovação de ar externo

O CO é um gás inodoro, tóxico produzido pela combustão incompleta de combustível e outros materiais orgânicos (IEH - 1996). O aumento dos níveis de CO no ar de interiores pode ser também resultante da entrada dos produtos de exaustão dos veículos utilizados como meio de transporte. A fumaça de tabaco é igualmente uma fonte importante e transitória de CO (STERLING, 1991). Os guidelines recomendados pelo ACGIH-1999 são de 25 ppm ou 28,6 mg/m<sup>3</sup> (TWA).

Na ausência de fontes de emissão, as concentrações de CO em ambiente interno é geralmente menor do que externamente.

As propriedades do CO são amplamente associadas com a sua alta afinidade pelas proteínas carreadoras de oxigênio como a hemoglobina e mioglobina (COULTS *et al.*, 1991). Devido a essa afinidade pela hemoglobina ser aproximadamente 200 vezes maior do que pelo oxigênio, o CO desloca o oxigênio ligado a esta proteína formando a carboxihemoglobina (COHb) e diminuindo a capacidade do sangue de carrear oxigênio (ROUGHTON *et al.*, 1994). O CO também pode interferir na difusão do oxigênio na célula (mitocôndria) interferindo na oxidação intracelular. (GOLD, 1992). Os efeitos à exposição ao CO são geralmente relacionados aos níveis de COHb(MADANY, 1992). Em indivíduos não fumantes não expostos ao CO ambiental o nível de COHb no sangue é ao redor de 0,5% (LAMBERT, 1997). Vários sintomas de distúrbios neurofisiológicos tem sido associados a baixos níveis de exposição aguda. O envenenamento dos órgãos que necessitam de altas concentrações de oxigênio, como o coração e o cérebro, é mais evidente nos casos de intoxicação aguda pelo CO. Em concentrações moderadas de CO, efeitos cardiovasculares adversos foram observados entre indivíduos susceptíveis (DAHMS *et al.*, 1993).

## **Radônio**

É um gás inerte, radioativo, formado diretamente do decaimento do radio-226, contido em vários minerais (LYMAN, 1997). O radio-226 produz uma série de radioisótopos de meia-vida muito curta. O radônio em si é um gás inerte que causa pequenos danos à saúde. Os seus descendentes Po-218 e Po-214 são carregados eletricamente e podem ser inalados diretamente do ar ou através da sua adsorção a partículas em suspensão (COHEN, 1998). Uma vez inalados eles tendem a permanecer nos pulmões, podendo eventualmente causar câncer.

O radônio é encontrado em pedras e solos de onde é liberado para a atmosfera. As taxas de liberação do radônio situam-se entre 0.0002 a 0.07 bequerels (Bq) m<sup>-3</sup> s<sup>-1</sup>, e em qualquer solo, depende das características geológicas do mesmo (LÉVESQUE *et al.*, 1997).

A concentração de radônio no interior de prédios depende da concentração no solo ao redor do prédio, do material utilizado na construção, e das rachaduras que permitem a entrada do gás proveniente do exterior (JEDRYCHOWSKI *et al.*, 1995).

A exposição ao radônio está associada ao câncer do pulmão, tanto em estudos animais quanto em seres humanos. Também está associada ao desenvolvimento de leucemia mielóide e linfoblástica. Análises ecológicas recentes, como as desenvolvidas por Etherington demonstraram a associação entre a exposição ao radônio em ambientes internos e a ocorrência de câncer. Segundo estimativa da EPA, os fumantes possuem um risco vinte vezes de contrair câncer quando expostos ao radônio (US EPA, 1992).

## **Compostos Orgânicos**

Os compostos orgânicos geralmente encontrados em atmosferas internas podem ser classificados em várias categorias de acordo com sua volatilidade. Neste estudo serão enfocados os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) e os alguns Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (COSV's).

Os compostos orgânicos estão presentes na quase totalidade de ar de interiores e podem afetar de modo diferenciado a saúde dos ocupantes destes ambientes.

As principais classes de compostos orgânicos com potencial mutagênico são as N-nitrosaminas, aldeídos e hidrocarbonetos insaturados e/ou aromáticos. A reação de compostos orgânicos com NO<sub>2</sub> gerado pela queima de tabaco e processos de combustão, poderá acarretar num acréscimo adicional de compostos orgânicos nitrados com potencial mutagênico (HELMIG e AREY, 1991).

## Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

Normalmente existe um grande número de COV's quer nos ambiente internos, quer nos externos, mas a distribuição dos componentes individuais pode indicar, numa amostra de ar interior, se o(s) poluente(s) têm origem interna ou externa e, também, a sua provável fonte (REISCH, 1994).

As principais fontes internas de COV's estão relacionadas na TABELA III.

Outras fontes importantes de COV's são os processos de combustão e emissões metabólicas de microorganismos (CAILLEUX *et al.*, 1992).

As fontes destes compostos são geralmente muito variáveis. Por exemplo, a concentração de formaldeído, é geralmente, muito mais elevada em edifícios que contém assoalhos de madeira. (BRIMBLECOMBE, 1990). O clorofórmio é amplamente introduzido em ambientes fechados devido ao simples ato de tomar banho ou abrir a torneira de água (KEATING *et al.*, 1997). Em geral, cada componente utilizado na construção e no mobiliário dos edifícios têm diferentes características de emissão quanto ao tipo de compostos emitidos, às velocidades e perfis de tempo de emissão, etc. (ZHANG e SHAW, 1996).

A exposição aos COV's pode resultar em efeitos crônicos e agudos a saúde. Indivíduos asmáticos ou com outros problemas respiratórios podem ser particularmente susceptíveis a baixas doses de exposição a COV's. A maioria das informações sobre toxicidade aos COV's tem sido estabelecido a partir de estudos experimentais em animais em altas concentrações, apesar de que na maioria dos ambientes internos o níveis são bem abaixo daqueles requeridos para demonstrar impactos mensuráveis a saúde.

Alguns COV's, são narcóticos potentes, e podem deprimir o Sistema Nervoso Central (MARONI *et al.*, 1995) exposições também pode levar a irritação dos olhos e trato respiratório e causar reações de sensibilidade envolvendo os olhos, pele e pulmões, devido a similaridade destes sintomas, a exposição ao COV's tem sido frequentemente atribuída como uma das causas da Síndrome do Edifício Doente (SED). Um grande número de estudos tem sido reportado a uma forte associação entre irritação da membrana mucosa, sintomas no sistema nervoso central, exposição total aos COV's entre trabalhadores de escritório (HOGSON *et al.*, 1991). Segundo BURTON (1997), concentrações extremas de alguns COV's pode levar a descompasso de funções neuro comportamentais. Exposição a altas concentrações de vários COV's encontradas comumente no ar de ambientes internos tem sido associado com cancer em animais de laboratórios. WALLACE (1991b) estimou que quando a típica concentração de sete COV'S exceder  $1 \times 10^{-6}$  o risco de câncer

aumenta um fator de 10. WIESLANDER *et al.* (1997), em estudo realizado em locais recentemente pintados, verificaram que o aumento significativo da concentração de COV's estava relacionado a reações inflamatórias no trato respiratório.

TABELA III: Fontes mais comuns de COV's em ar de interiores

Fontes	Exemplos de contaminantes típicos
Produtos de consumo e Comercial	Hidrocarbonetos alifáticos (n-decano, hidrocarbonetos ramificados), hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, xileno), hidrocarbonetos halogenados, alcóois, cetonas ( acetona, metil etil cetona), aldeídos (formaldeído), ésteres (alquil etoxilato), éteres (glicol éteres), terpenos (limoneno, alfa-pineno).
Tintas	Hidrocarbonetos alifáticos (n-hexano, n-heptano), hidrocarbonetos aromáticos (tolueno), hidrocarbonetos halogenados (cloridrato de metileno, di-cloridrato de propileno), alcóois, cetonas (metil etil cetona), ésteres (acetato de etila), éteres (éter metílico, éter etílico e éter butílico)
Adesivos	Hidrocarboneto alifático (hexano, heptano), hidrocarboneto aromático, hidrocarbonetos hidrogenados, alcóois, aminas, cetonas (acetona, metil etil cetona), ésteres (acetato de vinila), éteres.
Mobiliário e revestimento	Hidrocarbonetos aromáticos (estireno), aromáticos brômicos, hidrocarbonetos halogenados (cloridrato de vinila), aldeídos (formaldeídos), éteres e éteres.
Materiais de construção	Hidrocarbonetos alifáticos (n-decano, n-dodecano), hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, estireno, etil benzeno), hidrocarbonetos halogenados (cloridrato de vinila), aldeídos (formaldeído), cetonas (acetona, butanona), éteres, ésteres (uretano, etil acetato).
Produtos resultantes de combustão	Hidrocarbonetos alifáticos (propano, butano, iso-butano), aldeídos (acetaldeído, acroleína).
Água potável	Hidrocarbonetos halogenados (1,1,1-tricloro etano, clorofórmio).

Fonte: MARONI *et al.* 1995.

ASHLEY *et al.* ( 1997), em seu estudo sobre a cinética da eliminação dos COV's pelo sangue, ao analisar a complexidade da curva de eliminação dos COV's pelo sangue sugeriram a existência de vários sítios de estocagem no organismo, onde a presença de uma curva exponencial de longa duração de eliminação pelo sangue sugeriam que após repetidas exposições aos COV's, poderá ocorrer a bioacumulação destes compostos no organismo.

Teorias recentes propõem que os produtos resultantes de reações químicas envolvendo COV's podem ser mais importantes do que a exposição direta aos COV's isoladamente (WOLKOFF *et al.*, 1997). Esta proposição se deve ao fato de que na maioria dos estudos de SED as concentrações de COV's que induziram sintomas de saúde, por estarem em níveis menores do que a concentração do composto isoladamente. Resultados de estudos epidemiológicos sugerem que as reações entre o ozônio e os COV's podem gerar substâncias irritantes que poderia causar os sintomas da SED (GROES *et al.*, 1996).

Os efeitos adversos a exposição ao formaldeído podem aumentar com a inalação ou contato direto. A TABELA IV demonstra as concentrações versus exposição e efeitos causados a saúde.

Já existem evidências conclusivas de que o formaldeído é carcinógeno para animais (MORGAN, 1997). Nos anos 80, um grande número de projetos ocupacionais de pesquisa foram desenvolvidos, endereçados a demonstrar a carcinogenicidade do formaldeído a seres humanos (WONG,1983). Em todos os estudos os trabalhadores foram expostos a altas concentrações de formaldeído, mas em nenhum estudo demonstrou uma estreita evidência do risco desta substância ao risco de câncer. As evidências só começaram a aparecer no estudo efetuado por VAUGHAN *et al.* (1986), que reportou a correlação significativa entre a exposição ao formaldeído e o câncer da nasofaringe em residentes de trailer.

A ACGIH-1999, recomenda o guideline de 0,3 ppm (STEL/C) para o formaldeído.

TABELA IV: Efeitos causados a saúde devido a exposição a formaldeído.

Concentração de formaldeído (ppm)	Efeitos a saúde
< 0,05	Não reportado
0,05-1,5	Efeitos neurofisiológicos
0,05-1,0	Threshold limit para odor
0,01-2,0	Irritação dos olhos
0,10-25	Irritação das vias aéreas superiores
5-30	Irritação das vias aéreas e efeitos pulmonares
50-100	Edema pulmonar, inflamação, pneumonia
>100	Coma, morte

Fonte: Hines *et al.*, 1993.

Dentre o hidrocarbonetos aromáticos, os mais encontrados em ambientes desta natureza são o benzeno, o tolueno, e os xilenos (SILVEIRA,1991). O benzeno é classificado como cancerígeno para seres humanos pela IARC e EPA (GOODMAN & GILMAN, 1996). Após curta exposição a uma grande quantidade de benzeno, por ingestão ou por inalação dos vapores concentrados, o principal efeito tóxico é sobre o Sistema Nervoso Central (SNC). Os sintomas de uma exposição branda incluem: tonteira, fraqueza, euforia, cefaléia, náuseas, vômitos. Se a exposição for mais grave, os sintomas progridem para tremores, visão turva, respiração curta e rápida, irregularidades ventriculares, paralisia e inconsciência. Os sinais e sintomas da exposição a longo prazo ao benzeno incluem os efeitos no SNC e trato gastrointestinal (cefaléia, perda de apetite, sonolencia, nervosismo e palidez), mas a principal manifestação de toxicidade é a anemia aplástica. Uma preocupação importante é a relação entre a exposição a longo prazo ao benzeno e a leucemia. O benzeno é classificado pela EPA e IARC como um cancerígeno humano

A principal disfunção causada pela exposição ao tolueno ocorre no SNC, e pode variar entre desordens neurológicas severas a distúrbios neurocomportamentais. Exposição a baixas concentrações produzem fadiga, fraqueza e confusão. Em saúde ocupacional a concentração referencia de inalação do tolueno varia entre  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de ar ou 0,1 ppm, que foi desenvolvida pela U.S.EPA visando uma proteção geral da populações cronicamente expostas ao tolueno (GREENBERG, 1997).

O guideline recomendado para o tolueno pelo ACGIH-1999 é de 50 ppm ou  $188,4 \text{ mg}/\text{m}^3$  (TWA).

Os efeitos toxicológicos do xileno (o, m, p) são a sua teratogenicidade, ainda que não existam evidências suficientes que o classifiquem como carcinogenico. Os efeitos principais são : neurotoxicidade aguda e crônica. As doses correspondentes ao nível de xilenos no ar correspondem a  $1.400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de ar. A toxicidade aguda é similar ao do tolueno ( MICHAEL *et al.*, 1995).

A ACGIH-1999, recomenda o guideline de 100 ppm ou  $434,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  (TWA) e 150 ppm ou  $651,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  (STEL/C) para o xileno.

## **Destilados do Petróleo**

A gasolina, o querosene, os destilados do petróleo, preparados pelo fracionamento do óleo cru, contém hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e uma variedade de hidrocarbonetos ramificados e insaturados. A inalação de altas concentrações de vapores de gasolina, pode levar a rápida depressão do SNC e morte por insuficiência respiratória. A inalação de altas concentrações durante horas, pode causar pneumonite (GOODMAN & GILMAN, 1996).

Os efeitos fisiológicos causados pela inalação do *jet fuel* são parecidos com o do querosene. A exposição aos produtos destilados do petróleo (gasolina, *jet fuel*), tem efeito sobre o sistema nervoso em seres humanos. Várias pesquisas têm sido publicadas sobre intoxicação ocupacional aguda e crônica (KNAVE *et al.*, 1976 e 1978).

## **Compostos Orgânicos Semi-Voláteis**

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), são produtos lipossolúveis, resultantes da combustão incompleta, incluem um grande número de moléculas orgânicas, variam em número de anéis benzênicos, desde naftaleno (2 anéis) a coroneno (6 anéis) MARONI *et al.* (1995). Eles têm sido detectados em ambientes fechados, onde uma vez disperso no ar podem ser absorvidos através de partículas e inalados.

Os compostos orgânicos semi-voláteis mais estudados são o naftaleno e seus derivados metilados, o antraceno, o fenantreno, o benzo[a]pireno, o benzo[e]pireno, o dibenzo[a,b]antraceno, o benzo[g,h,i]perileno, o indeno[1,2,3-cd]pireno e o coroneno, que possuem atividade carcinogênica, provavelmente ligada ao metabolismo que sofrem no organismo humano (SISOVIC *et al.*, 1996). De fato, estudos realizados por MUMFORD *et al.* (1995), mostraram que as concentrações de metabólitos de HPA's encontradas na urina de residentes de Xuan Wey - China, eram maiores naqueles indivíduos que morreram de câncer no pulmão.

## **Asbestos**

É um termo genérico aplicado a um grupo de silicatos hidratados, que ocorre naturalmente em forma fibrosa. Existem dois tipos principais de asbestos - a crisotila e o anfíbolito, também conhecido como amianto. Podem ocorrer de várias formas, não são de fácil combustão, são facilmente fragmentados em pequenos filamentos (MARONI *et al.*, 1995). Até recentemente, o asbestos foi largamente utilizado na indústria de construção civil devido as suas características que são a elasticidade e flexibilidade das fibras, além da resistência ao calor e a abrasão e a ação de muitos produtos químicos.

A separação longitudinal das fibras aumenta sua respirabilidade e sua atividade biológica. A importância do diâmetro e do comprimento das fibras, ao invés da sua composição, na etiologia de mesoteliomas e asbestoses tem despertado a atenção para outras fibras minerais.

O guideline recomendado pela ACGIH-1999 para o asbestos é de  $0,1 \text{ f/cm}^3$ , e o limite de tolerância pela Portaria 01/91 de 28/05/1991 do Ministério do Trabalho é de 4 fibras maiores de  $5\mu\text{m/cm}^3$ .

O risco à saúde só existe quando ocorre exposição a fibras respiráveis, e depende do tempo e da concentração. A caracterização do risco à saúde se caracteriza pelo desenvolvimento de uma forma de fibrose do pulmão (asbestose), câncer pulmonar ou mesotelioma. Todas estas doenças são devido à inalação das fibras de asbestos e consequentemente, qualquer processo que origina uma grande quantidade poeira de asbestos pode constituir um perigo à saúde.

A partir de 1960, quando o conhecimento dos efeitos nocivos do asbestos foi mais divulgado, seu uso foi reduzido e agora está sendo banido de muitos países. O seu emprego como isolante térmico tem sido substituído por fibras produzidas pelo homem (Man Made Fibers), que podem ser divididas em duas categorias: fibras sintéticas e, cujo material

formador da fibra é derivado de compostos petroquímicos ou carvão e fibras artificiais nas quais o material constituinte é de origem natural.

### **Material Particulado em Suspensão**

A fumaça oriunda da queima de madeira e combustíveis é constituída por uma grande variedade de poluentes, com características físicas e químicas e propriedades toxicológicas distintas (LAMBERT, 1997). Entretanto, as técnicas utilizadas nos estudos rotineiros não são capazes de diferenciar entre as partículas oriundas de fontes de combustão em relação a outras fontes (MARONI *et al.* 1995).

Na ausência de fontes significativas de poluição interna. Um dos principais constituintes primários da fumaça são as partículas respiráveis (COOPER, 1980). Estas partículas são aerossóis de diâmetro pequeno o suficiente (6 - 7  $\mu\text{m}$ ) para ser introduzido nos pulmões e ali permanecer (MARTONEN *et al.*, 1992).

O impacto à saúde devido a exposição a partículas respiráveis em ambientes interiores é menos estudado em relação a exposição em ambientes externos. Os efeitos irritantes devido a inalação de partículas são os mais apontados nos estudos epidemiológicos realizados, poderão estar associados a doenças respiratórias, particularmente entre grupos vulneráveis (ex: crianças e velhos) e aqueles com doença respiratória crônica pré-existente (HONICKEY *et al.*, 1985).

### **Fumaça de Tabaco**

Apesar dos efeitos causados pelo tabaco serem conhecidos a décadas, somente recentemente as reclamações dos não fumantes vem sendo associadas a inalação ambiental da fumaça do tabaco.

Uma das principais fontes de combustão, gerando poluentes em ambientes interiores é proveniente da queima de tabaco, tanto em casas quanto em escritórios (WANNER, 1993). A fumaça resultante desta queima contém milhares de constituintes químicos, que ocorrem em partículas, vapores e gases (GOLD, 1992) e pode ser, em casos extremos, a maior fonte de matéria particulada respirável no ar em recintos fechados. Está claro que a carga de partículas, especialmente onde o fumo é permitido, pode ser muito alta (BRIMBLECOMBE, 1990). Num estudo realizado em duas grandes cidades na Coréia do Sul, observou-se que, em média, 20% do material particulado suspenso respirável (convencionalmente,  $\leq 10\mu\text{m}$ ) em locais de fumo permitido estava diretamente ligado à fumaça originada do ato de fumar (BAEK, 1996).

De todos os constituintes da fumaça do cigarro encontrados no ar, somente a nicotina e outros alcalóides dela derivados, algumas nitrilas, e alguns derivados da cera da folha do tabaco, são fornecidos, majoritariamente pela fumaça do tabaco. Essa particularidade faz com que a nicotina embora não sendo considerada um marcador ideal para processos de queima de tabaco, seja utilizada no monitoramento de ar de recintos fechados (ROCHA, 1997).

Os impactos causados à saúde pela exposição a partículas presentes no ar exterior tem sido mais bem estudado do que a exposição a partículas respiráveis em interiores (OSTRO *et al.*, 1998). O tamanho, diâmetro, densidade e a composição química (substâncias orgânicas, inorgânicas dentre outros) ou biológica (bactéria, fungo) da matéria particulada presente em ambiente interior é altamente variável, e desses fatores dependerão os efeitos causados a saúde. O decréscimo da função pulmonar e o aumento do número de doenças respiratórias, dentre elas o risco de bronquite em crianças, estão associadas ao nível de material particulado no ambiente. Devido a natureza heterogênea da matéria particulada, se torna impossível formular uma relação direta entre exposição a um determinado aerossol de composto específico e seu efeito à saúde.

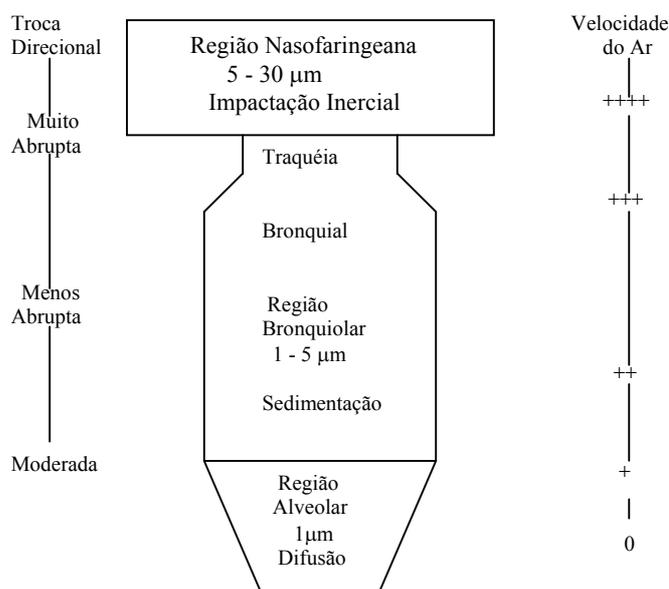
Os diâmetros das partículas determinam se elas uma vez inaladas, serão ou não removidas pelas vias aéreas superiores ou se irão atingir os alvéolos onde poderão se depositar irreversivelmente. O conhecimento da composição da matéria particulada de um determinado ambiente possibilitará a previsão de efeitos específicos que sejam adversos a saúde.

O local de deposição das partículas sólidas ou aerossóis no trato respiratório e a sua constituição química é importante. O tamanho da partícula é o fator crítico que determina a região do trato respiratório em que a partícula ou aerossol irá se depositar. A deposição das partículas na superfície do pulmão e nas vias respiratórias dependerá da combinação da anatomia pulmonar e dos moldes das vias respiratórias no sistema respiratório (FIG. 3).

É sabido que concentrações altas de fumaça de tabaco incomodam e irritam, e que existe uma preocupação com relação a efeitos potenciais na saúde (DAVIES, 1986). A exposição a fumaça de tabaco tem sido associada a uma série de impactos a saúde, tanto crônica, quanto aguda, dentre elas o câncer de pulmão, particularmente entre mulheres que nunca fumaram e estão expostas a fumaça de tabaco em casa ou no ambiente de trabalho (SOCKRIDER, 1996).

A composição química de alguns constituintes da fumaça do tabaco foram identificados (TABELA V), e muitos foram classificados como carcinogênicos e irritantes (RANDO *et al.*, 1997). Segundo HINES *et al.* (1993), a composição exata da fumaça

dependerá do tipo de tabaco consumido, tipo de papel utilizado no empacotamento do tabaco e da taxa de baforadas do fumante.



Fonte: Goodman & Gilman, 1998

FIGURA 3- Representação esquemática do mecanismo de deposição de partículas nos pulmões.

Portanto, onde existe alta incidência de fumantes e mínima ventilação, poderá ocorrer o acúmulo de fumaça do tabaco, causando irritação, principalmente do sistema respiratório superior.

TABELA V: Alguns constituintes da fumaça de tabaco

Substância
Dióxido de Carbono
Monóxido de Carbono
Oxidos de Nitrogênio
Amônia
Formaldeído
Acroleína
N-nitrosodimetilamina
Nicotina
Matéria Particulada Total
Fenol
Catecol
Naftaleno
Benzo(a)pireno
Anilina
2-Naftilamina
4-Aminibifenil
N-nitrosonornicotina

Fonte: Gold (1992)

Os sintomas mais comuns de efeitos agudos relacionados a saúde causados pela fumaça de tabaco são: irritação nos olhos, nariz e garganta (MARONI et al.,1995), além de conter substâncias que ativam o sistema imunológico. A exposição a fumaça de tabaco no ambiente está particularmente associada ao agravamento de sintomas em asmáticos (JONES, 1998). A forte evidência dos efeitos carcinogênicos da fumaça de tabaco no ambiente está descrito no estudo de caso-controle de JANERICH *et al.*,(1990).

## **POLUENTES BIOLÓGICOS**

Frequentemente, as discussões sobre poluição de ambientes internos estão relacionadas a concentração de poluentes químicos, porém, os efeitos causados a saúde devido a inalação de partículas biogênicas não devem ser omitidas, face a grande variedade de material biológico presente nesses ambientes (MONTANARO, 1997).

As maiores fontes de alérgenos biológicos são: poeira no carpetes, no sofá e nos dutos de ar (LEWIS *et al.*,1994). No ar de interiores ocorre uma ampla variedade de microorganismos que variam amplamente em tamanho, desde bactérias com um diâmetro de 0.5 $\mu$ m até esporos e filamentos fúngicos com dimensões entre 1-100 $\mu$ m. Uma percentagem ainda desconhecida dessas partículas são de origem externa e geralmente se infiltra no ambiente interno através de janelas, portas, sistemas de ar condicionado, corpos e roupas de pessoas (vide FIG.4).

A principal fonte de poluição microbiológica nos sistemas de circulação de ar condicionado são as bandejas de condensação nas máquinas de refrigeração. Essas bandejas acumulam água, principal meio de proliferação microbiológica, formando biofilmes, os quais não apenas interferem na drenagem, como também contribuem com a contaminação do ar interno que é insuflado pelas máquinas. Este mecanismo, aliado à alta taxa de recirculação do ar interno, promove um considerável aumento de microorganismos, efeito de biodeteriorização de materiais presentes nos recintos fechados que é insuflado pelas máquinas (COPPOCK e COOKSON, 1951).

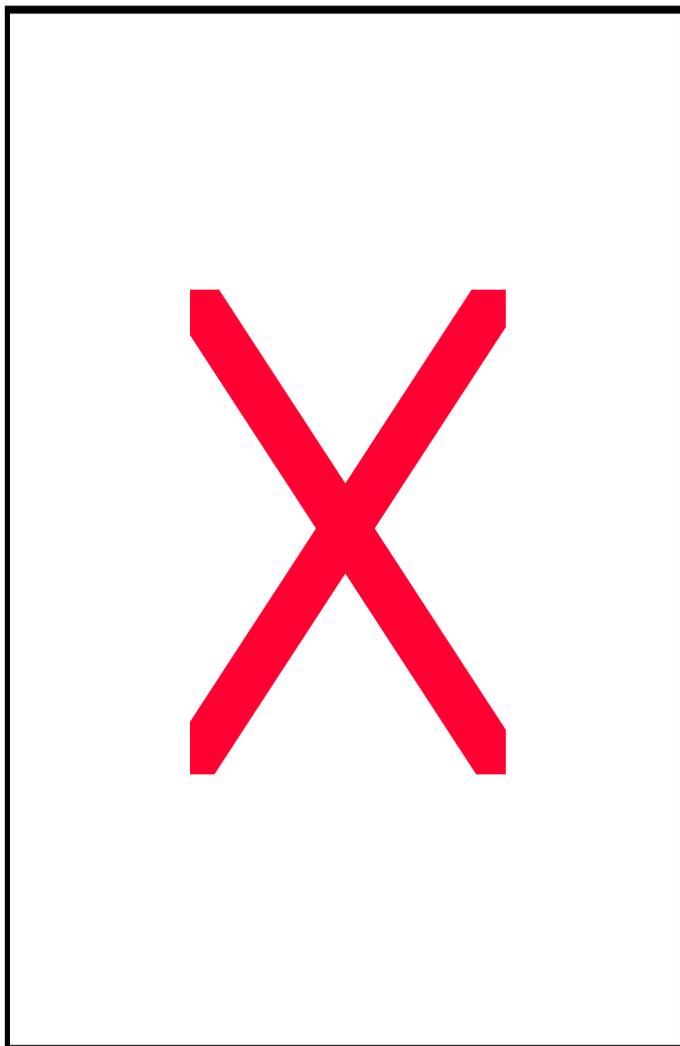


FIGURA 4: Ambiente propício para a contaminação do ar interior.

Fonte: Jornal O Globo

**Alérgenos Biológicos presentes em Ambientes Interiores** Em ambientes de interiores muitas fontes produzem partículas alergênicas, capazes de desencadear reações alérgicas. Os principais alérgenos encontrados no ar de ambientes interiores estão sumarizados na QUADRO 1.

As fezes dos ácaros são as fontes primárias de antígenos em ambientes fechados (KALINER *et al.*, 1994). Devido ao tamanho dessas partículas serem similares a um grão de pólen, elas não se mantêm em aerodispersão por muito tempo, apesar de que, em ambientes contaminados, a concentração das partículas no ar, pode ser 100 vezes maior do que em outros ambientes (KARLA *et al.*, 1990). A concentração de  $2\mu\text{g}$  do alérgeno Der p1  $\text{g}^{-1}$  na poeira (equivalente a 100 ácaros), representa um significativo fator de sensibilização (WHO,

1995) enquanto  $10 \mu\text{g}$  de Der p1  $\text{g}^{-1}$  aumenta o risco de um ataque agudo de asma (IEH, 1996). A concentração típica de Der p1 é abaixo de  $5 \mu\text{g g}^{-1}$  de poeira (VERHOEFF, 1994).

Os alérgenos derivados dos ácaros em suspensão, são capazes de exacerbarem os sintomas em 85% dos asmáticos.

A rota de exposição mais importante para a maioria desses alérgenos é o ar de ambientes internos. Assim como os ácaros, as baratas também estão sendo associadas a manifestação de sintomas em indivíduos com asma alérgica. Nos EUA cerca de 60% dos testes alérgicos deram resultado positivo para alérgenos provenientes das baratas (KUSTER,1996). Alguns alérgenos foram identificados em partes do corpo e em extrato fecal das baratas (MUSMAND *et al.*,1995). Dentre os vários antígenos já isolados de baratas, podemos citar Bla g 1-5.

QUADRO 1: Agentes alérgenos mais comuns encontrados em ambientes interiores.

Fonte	Gênero	Espécie	Alergeno
Ácaros (poeira)	<i>Dermatophagoides</i>	<i>Pteronyssinus</i>	<i>Der p</i>
	<i>Dermatophagoides</i>	<i>Farinae</i>	<i>Der f</i>
	<i>Euroglyphus</i>	<i>Maynei</i>	<i>Eur m</i>
	<i>Hirstia</i>	<i>Domicola</i>	<i>Hir d</i>
	<i>Lepidoglyphus</i>	<i>Destructor</i>	<i>Lep d</i>
	<i>Malayoglyphus</i>	<i>Intermedius</i>	<i>Mal I</i>
	<i>Malayoglyphus</i>	<i>Carmelitus</i>	<i>Mal C</i>
	<i>Sturnophagoides</i>	<i>Brasiliensis</i>	<i>Stu b</i>
	Gato	<i>Felis</i>	<i>Domesticus</i>
Cachorro	<i>Canis</i>	<i>Familiaris</i>	<i>Can f</i>
Roedores	<i>Mus</i>	<i>Musculus</i>	<i>Mus m</i>
	<i>Rattus</i>	<i>Norvegicus</i>	<i>Rat n</i>
	Barata	<i>Blatella</i>	<i>Germanica</i>
<i>Periplanetta</i>		<i>Americana</i>	<i>Per a</i>
Fungo	<i>Alternaria</i>	<i>Alternato</i>	<i>Alt a</i>
	<i>Aspergillus</i>	<i>Fumigatus</i>	<i>Asp f</i>
	<i>Cladosporium</i>	<i>Herbarium</i>	<i>Cla h</i>

Fonte: JONES A. P. (1999).

Os gatos e cachorros domésticos são importantes fontes de alérgenos no ar. Os alérgenos provenientes dos gatos são geralmente encontrados na saliva e na pele. A partícula do alérgeno de gato (fed d 1) é pequena e pode permanecer várias horas em suspensão (LUCZYNSKA *et al.*,1990). A concentração de fed na poeira doméstica pode exceder  $10 \mu\text{g g}^{-1}$  e níveis em suspensão podem variar entre 2-20  $\text{ng m}^{-3}$  (LUCZYNSKA, 1994).

Devido a facilidade de alérgenos provenientes de animais domésticos (Fel d e Can f) serem transportados aderidos às roupas, a exposição a esses alérgenos pode ser problema mesmo em locais públicos, tais como: escolas, trens, hospitais, aeroportos, etc., onde esses animais não são permitidos (CUSTOVIC *et al.*,1998).

## Vírus, bactérias e fungos

Os microorganismos são uma fonte importante de poluição biológica em ambientes internos. Um grande número de espécies de fungos e bactérias são encontrados nesses locais, associados a presença de matéria orgânica (revestimento de paredes, algodão, gêneros alimentícios). (IEH, 1996). O ar externo é uma das maiores fontes de fungos e bactérias para o ar de interiores, particularmente durante o verão e o outono (WANNER *et al.*, 1993). Também é bem documentado, que elevada umidade favorece o crescimento de fungos (STERLING *et al.*, 1998).

A maioria das infecções virais e bacterianas disseminadas em recintos fechados é transmitida de indivíduo para indivíduo através de gotículas dispersas no ar (AYARS, 1997). Nesse caso o edifício é um "espectador inocente". Entretanto, existem vários exemplos de infecções bacterianas e virais, onde o edifício em si atua como um reservatório em potencial (BURREL, 1991). Um exemplo clássico é a legionelose causada pela bactéria *Legionella*.

Vírus são partículas muito pequenas medindo entre 0,004 $\mu$ m - 0,08 $\mu$ m e, devido a esta característica, podem passar facilmente através dos filtros usados na maioria dos sistemas de ventilação e se disseminar no ambiente.

Outras atividades diárias rotineiras, como dar a descarga em toaletes, podem ressuspender esses microorganismos (YAHYA *et al.*, 1988), assim como os demais aerossóis comumente encontrado nos ambientes interiores.

Os gêneros bacterianos mais comuns encontrados em ar de interiores são: *Bacillus*, *Micrococcus* e *Actinomyces*. Os gêneros bacterianos mais abundantes em pesquisa de prédios "doentes" são: *Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Flavobacterium*, seguidas pela *Acinetobacter*, *Pseudomonas* e *Streptococcus* (FLANNIGAN *et al.*, 1991).

Uma das possíveis fontes de fungos no ar de interiores é a água estagnada deixada em umidificadores que pode ser dispersa sob a forma de aerossóis quando a unidade é reativada. (BUDD, 1986; GRAVESEN, 1979; AAS *et al.*, 1980).

Apesar dos microorganismos presentes no ar serem encontrados em quase todos os tipos de ambiente, eles normalmente não apresentam um risco à saúde para indivíduos a eles expostos. Segundo SALVAGGIO *et al.* (1993), KORSGAARD (1983), PLATTS-MILLS (1994), os microorganismos dispersos no ar poderão causar infecções, principalmente respiratórias, assim como alergias e reações tóxicas. Estas infecções são causadas apenas por microorganismos vivos, ao passo que reações alérgicas e tóxicas também podem ser causadas por microorganismos mortos.

Estudos mais recentes com mofo e fungos, sugerem que as reações alérgicas podem não ser o fator mais importante no desenvolvimento de sintomas respiratórios devido a

exposição a esporos (HOUDEN-CHAPMAN *et al.*, 1996). Micotoxinas, são compostos tóxicos produzidos naturalmente por muitos fungos (HENDRY *et al.*, 1993). Eles induzem a um largo espectro de efeitos sistêmicos agudos e crônicos que não podem ser atribuídos ao crescimento fúngico no hospedeiro. SAMSON *et al.* (1994), forneceu evidências que as micotoxinas emitidas pelo fungo são rapidamente absorvidas pela membrana do trato respiratório, e poderia ser que a sua presença nos pulmões afetem o sistema imune, precipitando o desencadeamento dos sintomas.

## **O AMBIENTE E AS SAÚDES: PÚBLICA E OCUPACIONAL**

### **Relações Trabalho/ Saúde**

A concepção de saúde e doença e a(s) causa(s) desta última têm variado ao longo dos tempos e nos diferentes tipos de cultura e sociedade. A doença, considerada como um processo biológico, vincula-se a própria vida. Na antiguidade muitos vinculavam o ambiente e o modo de vida como fatores importantes na gênese do processo de doença.

As grandes mudanças no cenário político, econômico, cultural e social ocorridas em todo o planeta na segunda metade do século XX determinaram uma verdadeira crise de paradigmas, onde as condições de ambiente, saúde e segurança no trabalho passaram a ser compreendidas como garantias essenciais para a qualidade de vida dos homens e direito de cidadania (PAIM *et al.*, 1998).

O local de trabalho é o lugar onde o homem concentra uma considerável parte do seu tempo de vida, em média 8 horas por dia. Portanto, as condições de trabalho passam a ser fundamentais para o bem estar físico e mental do trabalhador. Segundo a definição de saúde da OMS – Organização Mundial da Saúde : "Saúde é o bem-estar físico, mental e social, resultante de uma condição de equilíbrio nas interações entre o homem e o seu meio ambiente" (WHO, 1992).

Assim como a relação entre saúde e trabalho é fundamental para a vida e desenvolvimento social, segundo BENSONSSAN *et al.* (1988), "*o trabalho sempre representou um risco para a saúde*". Nessa perspectiva, Stellman *et al.* (1975), fizeram a seguinte análise: "*o moderno ambiente de trabalho desafia constantemente as defesas do corpo. O meio ambiente as mantém trabalhando sem cessar e, lamentavelmente, ele as derrota em muitos casos*" (COSTA, 1998).

Recentes estudos realizados em residências nos E.U.A. mostram que a média que cada indivíduo passa no interior de prédios é de 88% do seu tempo/por dia. A isto deve-se acrescentar o tempo gasto em veículos de locomoção (7%), e apenas 5% em ambientes

externos (ROBINSON *et al.*, 1995). Particularmente, em países desenvolvidos economicamente e naqueles em rápido desenvolvimento, as mudanças no estilo de vida e qualidade ambiental tem demonstrado um aumento do número de pessoas expostas a contaminação do ar urbano (LIPFERT, 1997).

Durante as duas últimas décadas, tem aumentado muito o número de reclamações dentro da comunidade científica, sobre os efeitos da qualidade do ar de interiores e a saúde dos seus ocupantes (JONES, 1999).

Os danos a saúde causados por poluentes no ar de interiores, incluem doenças envolvendo o mecanismo de imunidade (alergias), processos infecciosos e toxicidade direta. Os poluentes de ambientes interiores em casos extremos poderá causar além da morbidade, incapacidade, doença e morte (BERGLUND *et al.*, 1992). Tais efeitos podem ser sentidos logo após a exposição ao poluente ou após um bom tempo decorrido. Incertezas ocorrem quanto a concentração e o período de exposição necessários para o desencadeamento da doença. Para um indivíduo se tornar doente devido a presença de contaminantes, são necessários alguns fatores: sensibilidade do indivíduo ao contaminante, concentração do contaminante, estado físico e psicológico do indivíduo e a duração e frequência da exposição (SELTZER, 1997). Diversos estudos vêm sendo efetuados em seres humanos, animais e *in vitro* (MARONI *et al.*, 1995).

Os resultados dos estudos realizados através do TEAM (Total Exposure Assessment Methodology – Metodologia para Avaliação de Exposição Total) e U.S. EPA, durante os anos 80, demonstraram que a exposição individual a muitos poluentes pode exceder àquelas concentrações esperadas de determinado composto no ar ambiente. (WALLACE, 1991a). Este fenômeno ficou conhecido como “*personal cloud effect*” (FURTAW *et al.*, 1996).

As exposições ocupacionais estão usualmente associadas a altas doses de contaminantes e os efeitos causados a saúde, são geralmente severos. Entretanto, a etiologia e os mecanismos de exposição industrial são diferentes daqueles encontrados no ambiente doméstico ou de escritório.

Os fatores psicossociais podem atuar como modificadores na resposta individual aos fatores químicos, físicos e biológicos no ambiente interior (LAHTINEN *et al.*, 1998). É provável que o *stress* devido ao trabalho funcione como um fator de mediação em torno dos sintomas ambientais, possivelmente alterando a sensibilidade do organismo ao perceber a demanda física e exposições tóxicas (HEDGE *et al.*, 1992).

Os fatores psicológicos são capazes de promover formas de desgaste e sofrimento mental e até levar a graves manifestações de *stress*, distúrbios e mesmo doenças mentais, causados pela atenção, monotonia, concentração, repetitividade, responsabilidade, jornada,

horas-extras, pressão da chefia, autoritarismo, acúmulo de tarefas, grande movimentação de pessoas em horário de pico de vôos, etc. O desgaste psíquico e o sofrimento mental, não é vinculado a uma causa direta imediata mas a um processo que se manifesta ao nível coletivo ou individual.

Pesquisa de *stress* ocupacional tem demonstrado repetidamente aqueles fatores que seriam importantes na determinação da saúde e bem estar dos trabalhadores (KIVIMAKI, 1996). Em um estudo amplo com 4900 empregados de escritórios, nos E.U.A., Wallace *et al.* (1993), descreveu que uma sobrecarga de trabalho e exigências conflitantes no trabalho estariam associadas com dor de cabeça, irritação nos olhos, desconforto nasal e no peito, e tonteira. LETZ (1990), produziu um quadro teórico explicando como o mecanismo psicológico poderia explicar o aumento do número de surtos de SED nas duas últimas décadas (FIGURA 5).

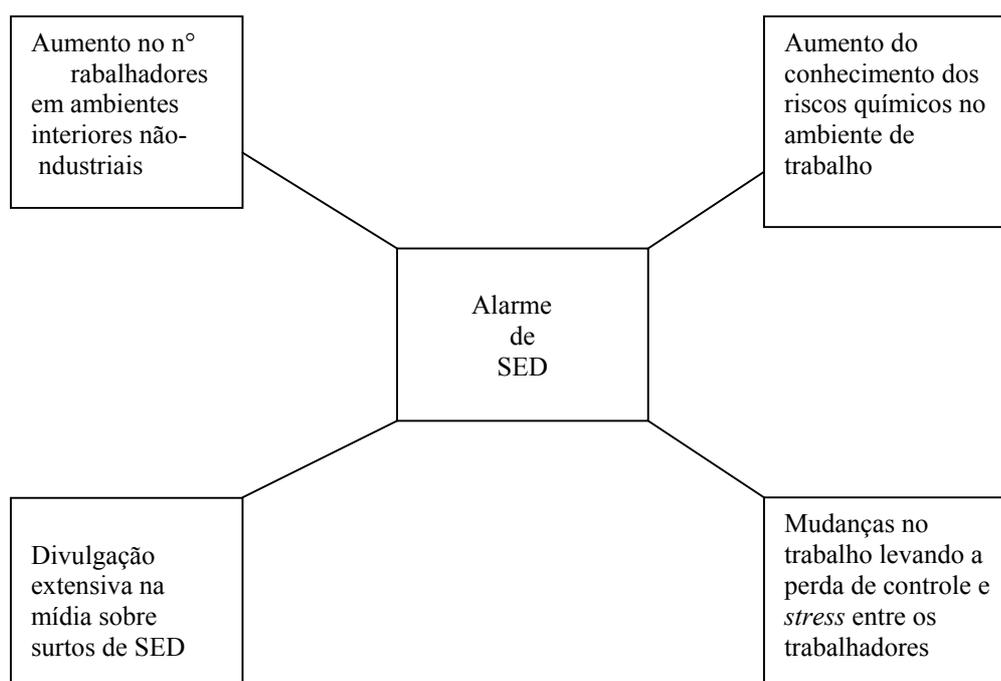


FIGURA 5: Fatores psicológicos possivelmente responsáveis pelo alarme da SED (LETZ, 1990).

## DOENÇAS REFERENTES A AMBIENTES INTERNOS

Segundo BEHRENDTS (1997), questões sobre o impacto ambiental na saúde do cidadão é dependente de sua própria percepção, a informação sobre a exposição ou não, nem sempre explica as doenças. Para ele, o processo está estruturado em três categorias: pessoa, tempo e localização, que uma vez presentes pode-se acessar a questões complexas de poluição de interiores.

Três tipos de doenças referente a ambientes internos apontados pelos ocupantes de ambientes internos são amplamente discutidas:

- . Síndrome do Edifício Doente
- . Doenças Relacionadas ao Edifício
- . Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla

### **Síndrome do Edifício Doente (SED)**

O termo Síndrome do Edifício Doente (SED) é utilizado para descrever situações nas quais os ocupantes de um determinado edifício descrevem repetidamente um espectro muito complexo de reclamações e frequentemente subjetivos em relação a saúde (HORVARTH, 1997). Esses efeitos parecem estar associados ao tempo de permanência no edifício (jornada de trabalho), mas são comuns entre a população geral e mais frequente entre os ocupantes dos "edifícios doentes" LAHTINEN *et al.*, (1998). Apesar da sua aparente "pequena" natureza, os sintomas da SED podem levar a um grande impacto em Saúde Pública e um custo econômico maior do que a maioria das doenças, devido ao aumento de absenteísmo e diminuição da produtividade entre os trabalhadores afetados (WALLACE, 1997).

Os sintomas da SED não são específicos, são persistentes (TABELA VI) e de etiologia inespecífica. Diminuem rapidamente ao sair do prédio para o almoço, ao retornar para casa, nos fins de semana ocorrem em pelo menos 20% dos ocupantes expostos. As reclamações podem estar disseminadas por todo o edifício.

Apesar das múltiplas teorias que tem sido propostas, o processo exato da SED é até hoje desconhecido, e muitas incertezas continuam a este respeito.

Segundo REDLICH *et al.* (1997), esse tipo de síndrome ocorre principalmente em edifícios fechados cuja ventilação se faz por meio de ar condicionado embora também tenha sido observada em edifícios que sejam ventilados naturalmente. Milhões de pessoas, no mundo inteiro trabalham em locais onde a ventilação é regulada através de sistema de circulação mecânica do ar (ROBERTSON *et al.*, 1985; TURIEL *et al.* 1983). Enfim, a SED

implica, necessariamente, em um local de trabalho insalubre, com eficiência de trabalho reduzida e aumento nas faltas dos trabalhadores. Esta observação nos leva a concluir que a SED pode em muitos casos estar associada com problemas na qualidade de ar de interiores.

Segundo BARDANA (1997), somente alguns dados, relativamente limitados, referentes à concentração de poluentes que podem ser importantes para a SED, tem sido avaliado, como os COV's por exemplo.

TABELA VI: Sintomas associados à Síndrome do Edifício Doente

Dor de cabeça e náusea
Congestão nasal (coriza, nariz entupido, congestão do sinus, espirro)
Congestão no peito ( dificuldade de respiração, rouquidão)
Problemas nos olhos (secura, coceira, lacrimejamento, visão embaçada, problemas no uso no uso de lente de contato)
Problemas na garganta (secura, rouquidão)
Fadiga (moleza, sonolência)
Febre e frio
Dor muscular
Sintomas neurológicos (redução da atenção, esquecimento, depressão, tensão, irritabilidade)
Secura na pele
Tonteira

Fonte Wallace (1997).

Durante um bom tempo os COV's foram considerados como os maiores causadores da SED, isso foi baseado em resultados experimentais em estudos efetuados com indivíduos expostos a misturas de COV's, que exibem sintomas comumente associados com a SED (MOLHAVE *et al.*, 1986). Alguns estudos epidemiológicos também deram suporte a hipótese de que os COV's poderiam ser importantes. Um estudo logitudinal feito em um prédio de uma biblioteca “doente”, Berglund *et al.*(1990), encontraram associações entre os sintomas reportados e a variação da concentração de COV's. Num estudo cross-seccional de sintomas da SED, entre 147 trabalhadores de escritórios, HOGSON *et al.* (1991), demonstraram que as concentrações de COV's na zona de respiração dos ocupantes do edifício, eram um bom previsor de reclamações de irritação na membrana da mucosa, além de problemas no Sistema Nervoso Central. Apesar desses resultados um grande número de estudos ainda não conseguiram associar a exposição de COV's e surtos de SED. Portanto, face os estudos efetuados até o momento, demonstraram que em muitos casos os COV's não são os culpados primários da SED.

Recentemente alguma atenção tem sido focalizada no sistema de ventilação do edifício como possível agente desencadeados da SED. Certamente que um ar quente e abafado é uma das frequentes reclamações nos estudos da SED, isto sugere que é aconselhável uma ventilação eficiente em locais fechados (WALLACE, 1997).

Estudos em escritórios estabelecidos em prédios demonstraram que nos filtros do sistema de ventilação contém entre 100 a 6.700 bactérias por grama de poeira, a poeira dos dutos de ventilação contém entre 50-50.000 bactérias por grama de poeira., e a poeira depositada no chão contém o número similar de bactérias.

Outra possibilidade que vem sendo sugerida pelos estudiosos do assunto, é que os sintomas da SED, podem, em alguns casos estarem associados com a Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla (SQM).

Os sintomas associados a SED também caracteriza os critérios de diagnóstico para o distúrbio de ansiedade generalizada e distúrbios do pânico. Além disso, características individuais e trabalhos não toxicológicos, relataram fatores que frequentemente parecem ser importantes quando relacionados à SED (BURTON, 1997).

A SED é normalmente distinguida do termo Doenças Relacionadas ao Edifício (DRE) RYAN *et al.* (1992).

Para BARDANA (1997), a SED é uma pseudodiagnose composta de sintomas transitórios, não específicos, sem um marcador biológico testado. Sua aplicação na clínica frequentemente leva a uma correlação subsequente a outro diagnóstico vago, similar, associado com uma debilidade crônica e sem intervenção terapêutica.

### **Doenças Relacionadas ao Edifício (DRE)**

Este grupo de doenças ao contrário da Síndrome do Edifício Doente, consiste em condições bem documentadas, com critérios de diagnóstico definida e causas geralmente reconhecidas (LAHTINEN *et al.*,1998). Estas doenças respondem tipicamente ao tratamento convencional, desde que os sintomas não são simplesmente reversíveis ao sair do edifício onde a doença foi contraída. Muitas doenças biologicamente relatadas fazem parte deste grupo (ex: Doença dos Legionários, pneumonites, dentre outras). Alguns inalantes tóxicos podem ser incluídos neste grupo, intoxicação pelo monóxido de carbono é um deles. O ambiente complexo de interiores contendo produtos químicos e biológicos pode ser uma fonte de interações que poderá acarretar em doenças, como é o caso do dióxido de nitrogênio e tricloroetileno (COV comum em ar de interiores proveniente de águas cloradas) que tem demonstrado suprimir as defesas do hospedeiro e permitir patógenos oportunistas a se proliferarem no pulmão em estudos toxicológicos efetuados em animais (KLAASSEN, 1996).

### **Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla (SQM)**

Os proponentes desta SQM acreditam que os sintomas podem ser produzidos pela exposição a muitas substâncias quimicamente distintas em doses muito pequenas (NETHERCOTT, 1996). O conceito da SQM, foi largamente debatida nos anos 60, quando se falava sobre alergia alimentar (SHORTER, 1997). Estudos recentemente efetuados por Meggs *et al.* (1996), sugeriram que cerca de 1/3 dos cidadãos americanos se consideravam sofrendo da SQM. A existência da SQM poderia explicar os surtos de SED em edifícios com a concentração extremamente pequenas de poluentes individuais. Entretanto, a SQM não é geralmente reconhecida pela medicina tradicional, em vários estudos recentes tem havido falha ao tentar identificar qualquer mecanismo químico que poderia ser a base para a explicação do seu desenvolvimento (WOLF, 1996). Para Shorter (1997), a SQM poderia ser muito mais um efeito psicológico do que uma base clínica.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGIA

A metodologia utilizada compreendeu inicialmente de uma sistematização de dados e posteriormente das avaliações analíticas.

#### **SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS:**

O objeto de estudo escolhido foi um Terminal Aeroportuário, localizado na cidade do Rio de Janeiro, que além de ser um ambiente diferenciado por sua complexidade e de uso público e coletivo, com uma enorme variedade de atividades e formas de ocupação. Além do que, uma das características desse local é a emissão de fontes múltiplas de poluentes, causados pelas aeronaves, veículos automotores e antropogênicas. As amostras do ar ambiental interior e exterior coletados tiveram como finalidade identificar e quantificar os poluentes predominantes bem como os sintomas/queixas apresentados pelos trabalhadores que porventura pudessem estar associados às condições de trabalho. Para isto foram realizados: estudos epidemiológicos, físicos/químicos e de biopartículas - fungos.

Para que o estudo fosse desenvolvido foram considerados: a localização e características do sítio estudado, o sistema de distribuição do ar no interior do terminal, os pontos de amostragem e a determinação da Temperatura e Umidade Relativa do Ar na ocasião da amostragem.

#### **Localização e características do sítio amostrado**

O aeroporto estudado, está localizado no Estado do Rio de Janeiro, tendo como coordenadas 22°48'34" de latitude sul e 43°15'00" de longitude oeste. Está instalado em uma área de 14.436.985 m<sup>2</sup>, em uma ilha na Baía de Guanabara, a aproximadamente 15 quilômetros do centro da cidade do Rio de Janeiro, estando circundado por uma área residencial e tangenciado por uma rodovia de grande movimento (ANEXO IV).

Ele é constituído de 3 andares, o primeiro andar é destinado ao desembarque de passageiros, o segundo andar é a área de embarque e no terceiro andar funciona a praça de alimentação, os bancos e as lojas comerciais. O aeroporto é dividido em três segmentos denominados de acordo com a cor predominante: verde, azul e vermelho. (ANEXO V)

Todo o edifício dispõe de um sistema central de condicionamento de ar e é dotado de ventilação mecânica.

## **Descrição do sistema de distribuição do ar no Terminal Aeroportuário**

O sistema de refrigeração do prédio onde se localiza o terminal aeroportuário é composto por subsistemas, que dividem o prédio em três áreas de cobertura, um para cada setor. Cada setor possui um sistema independente de ventilação mecânica, o qual possui um conjunto de ventiladores que tanto removem e/ou recondicionam continuamente o ar interno, como distribuem o ar externo filtrado e condicionado em vários pontos do ambiente fechado (FIGURA 6). O sistema de recebimento do ar externo está localizado no telhado de cada setor, e a saída do ar também se faz pelo telhado, diretamente voltado para a pista de manobra e estacionamento das aeronaves.

A capacidade dos sistemas de climatização variam entre 180 a 240 BTU/h, e a velocidade do ar, no nível de 1,5 m do piso é de 0,09 m/s. A taxa de renovação do ar é de 29 a 38 m<sup>3</sup>/h/pessoa.

Segundo informações da INFRAERO, todo ar recebido pelo sistema de ar condicionado do Terminal de Passageiro -TPS 1- (setores verde, azul e vermelho) é tratado (purificado e desodorizado), antes de ser distribuído para os condicionadores. Este tratamento é feito em centrais externas para cada segmento do TPS, localizadas na cobertura do prédio.

Estas centrais admitem ar externo normal através de venezianas, filtram-no por meio de baterias de filtros com 50 mm (2") de espessura e posteriormente o desodorizam utilizando baterias de filtros de carvão ativado.

Ventiladores acionados por motores elétricos comandados pelo computador de supervisão e controle fazem com que o ar atravesse estes filtros, levando o mesmo as casas de máquinas dos condicionadores misturando-o com o ar de retorno em taxas previamente calculadas. Os ventiladores de ar externo possuem uma chave de fluxo de ar ("*Flow-Switch*") que dão alarme em caso de pane no sistema.

A adoção destes sistemas centralizados de filtragem de ar externo é devido a facilidade de manutenção.

O ar aspirado passa pelos filtros absolutos, onde são retidos os contaminantes e posteriormente lançado no exterior. Os filtros são constituídos de alumínio (tipo colméia, modelo Hv-2, tipo G2), e dotados de grande capacidade de retenção de poeira, com limite de retenção de 50 micra. A periodicidade de manutenção é trimestral para filtros metálicos e anual para filtros de carvão ativado.

Após o tratamento do ar pelos condicionadores ele é levado até os recintos por meio de redes de dutos que distribuem o ar até as bocas de insuflamento, nas quantidades calculadas no estudo psicrométrico.

As redes de duto de insuflamento são de dois tipos básicos: dutos de baixa velocidade e dutos de alta velocidade. Os dutos de baixa velocidade são conectados aos ventiladores tipo "*Fan-Coil*" (F) ou Zoneados (Z), com velocidade no trecho inicial máxima de 7,5 m/s. São de formato retangular ou quadrado, a cada saída de ramal existe um elemento para controle da vazão de ar ("*splitter*") com dispositivo para fixação após a regulagem. Ao aproximar-se das bocas de insuflamento, quando se tratarem de grelhas retangulares, e o "colarinho" de alimentação for curto, existem veias direcionais para normalizar o fluxo de ar a ser insuflado pelos mesmos. Todos os dutos são conectados ao ventilador do condicionador por meio de lonas exíveis, impedindo assim a transmissão de vibrações deste para a rede. Os dutos de alta velocidade interligam o condicionador de ar primário (P) aos condicionadores de indução (I). Estes dutos são de secção circular e dimensionados pelo processo de recuperação de pressão estática. Como o nível de ruído gerado pelo condicionador P é alto, logo após a saída do mesmo é instalada uma caixa que absorve o ruído, atenuando o mesmo na rede de dutos. O retorno do ar aos condicionadores do tipo F e Z é feito por rede de dutos de baixa velocidade e pelo espaço entre o forro e a laje ("*plenun*"). No TPS, todo o retorno aos condicionadores é feito por meio de dutos. Neste caso, os dutos de retorno são análogos aos de insuflamento, porém com velocidade máxima de 6 m/s no trecho de maior vazão (junto ao condicionador). São conectados ao condicionador em uma "caixa de mistura" ("*plenun*") na qual também é feita a tomada de ar externo.

Para balancear esta mistura (retorno com ar externo) ambas as conexões são providas de "*dampers*" de regulagem de vazão. A conexão da rede ao condicionador é feita com lona flexível, como no caso dos dutos de insuflamento. Como no caso os dutos de ar condicionado são elementos de transmissão de fogo e/ou fumaça, as redes de dutos são providas de venezianas (*dampers*) corta-fogo. No TPS, onde o retorno de ar é feito por dutos, tanto o de insuflamento quanto o de retorno são providos de "*dampers*" corta-fogo logo após sua conexão com o condicionador.

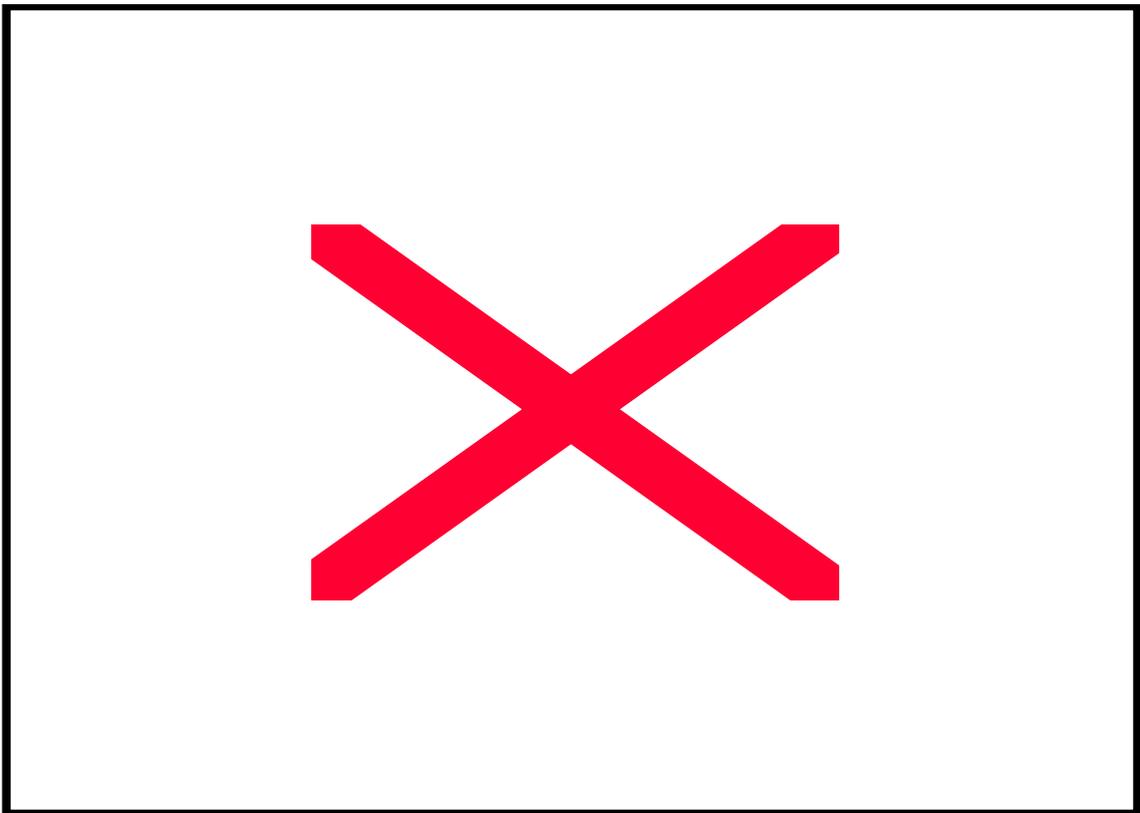


FIGURA 6: Representação esquemática do sistema de entrada de ar do terminal Aeroportuário

## **Pontos de Amostragem**

As amostras foram coletadas sempre nos mesmos locais, a saber: ponto externo - alto (E1), local de captação do ar externo e que se localiza em um compartimento no telhado, equivalente ao quarto andar do edifício em estudo; primeiro ponto interno (E2) – localizado no alojamento dos funcionários do Ministério da Saúde, que tem aproximadamente 12 m<sup>2</sup> de área; segundo ponto interno (E3) – situado no dormitório dos funcionários da Polícia Federal, que possui aproximadamente 24 m<sup>2</sup> sendo revestido em fórmica; terceiro ponto interno (E4) – situado na sala de controladores dos serviços de vôo da VARIG, de aproximadamente 15 m<sup>2</sup>, revestida em fórmica; quarto ponto interno (E5) – localizado no saguão interno de espera dos passageiros para embarque, medindo aproximadamente 120 m<sup>2</sup>; ponto externo - baixo (E6), situado na pista interna do aeroporto nas proximidades do local onde as aeronaves pousam, taxiam e decolam. Todos os pontos de coleta internos (E2, E3, E4 e E5) estão localizados no segundo andar do Terminal, no setor azul. A escolha deste setor baseou-se no fato de ser o mesmo aquele de maior movimentação de trabalhadores, passageiros e visitantes, e por ser o local onde houve o maior número de reclamações dos trabalhadores referente a qualidade do ar em um estudo preliminar. A iluminação no interior do terminal é artificial, feita através da utilização de lâmpadas frias. Em toda a área estudada o piso é de granito, a separação das dependências se faz, internamente, por divisórias de fórmica e externamente se utilizam vidros temperados.

## **Estudo Epidemiológico**

O Estudo Epidemiológico se deu através da administração de questionários, aplicados aos ocupantes dos locais onde existiam o maior número de reclamações quanto a qualidade do ar. Isto foi feito devido as dificuldades usualmente encontradas na determinação das causas dessas reclamações. O questionário elaborado serviu para avaliar a natureza e distribuição espacial das reclamações, através de um estudo sistemático, e também, uma possível associação entre os efeitos causados a saúde e o desconforto apontados pelos trabalhadores no seu local de trabalho.

Responderam ao questionário os trabalhadores que exerciam suas atividades nos pontos internos (E2 a E5), e que tinham uma jornada de trabalho de 40 horas semanais e que trabalhavam no local a mais de um ano. Considerando o fluxo de utilização do aeroporto, foi ignorada a madrugada por ter um movimento mínimo de trabalhadores no local. Os locais para amostragem de ar foram escolhidos após a avaliação dos questionários.

## **Administração dos questionários**

A utilização de questionários é uma das maneiras mais utilizadas para investigar a SED em estudos epidemiológicos (EPA 1991, RAW *et al.* 1995). Diferentes tipos de questionários vêm sendo utilizados. Até o presente momento, não existe um questionário único a ser utilizado em qualquer situação.

Este estudo foi efetuado através da aplicação de questionário, auto-administrado, que se prestou a coleta de dados pessoais, sintomas e sinais relacionados à saúde e conforto ambiental. O modelo de questionário utilizado neste estudo foi adaptado daquele aplicado pela "The Royal Society of Health Advisory Group on Sick Building Syndrome" (RAW *et al.*,1995) (ANEXO VI).

A administração de questionários do tipo auto-aplicável tem como principais vantagens a eliminação do entrevistador e o anonimato do entrevistado permitindo uma maior privacidade do indivíduo ao dar suas respostas. A desvantagem principal seria o nível de escolaridade do entrevistado.

Duzentos questionários foram distribuídos para os responsáveis pelas seções estudadas. Durante a jornada de trabalho, eles foram lidos, explicada a intenção da pesquisa e retiradas todas dúvidas existentes por parte dos entrevistados. Os participantes da pesquisa foram escolhidos aleatoriamente.

## **Temperatura e Umidade do Ar**

Os marcadores utilizados tiveram como objetivo: a pesquisa, o monitoramento e o controle do processo de climatização do ar em ambientes climatizados de uso coletivo.

Foram utilizados equipamentos de Leitura Direta: Termo-higrômetro. Tendo como princípio de operação um sensor de temperatura do tipo termo-resistência e sensor de umidade por condutividade elétrica.

## **Contaminantes Químicos e Matéria Particulada Total**

Foram utilizadas amostragem múltipla, para a determinação de diferentes tipos de contaminantes químicos e da Matéria Particulada Total (MPT). Foram realizados quatro tipos de amostragem, duas para determinação de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), uma para a determinação de aldeídos (acetaldeído e formaldeído), e uma para MPT.

Cada local foi monitorado durante quinze horas contínuas, em duas estações do ano: inverno de 1998 e verão de 1999 e foram divididas em três tomadas de cinco horas cada, nos horários de maior movimento do aeroporto (7:00 - 12:00 hs e 17:00 - 22:00 hs) e no período

da tarde (12:00 - 17:00 hs) onde o número de chegadas e decolagens das aeronaves diminuem. Amostras do ar interior e exterior foram coletadas simultaneamente, em dias ensolarados.

### **Biopartículas - Fungos**

Os objetivos do estudo dos fungos no ar foram: pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior e exterior

Os locais amostrados foram os mesmos utilizados para a coleta de amostras para descritos MPT e contaminantes químicos. Entretanto, foram modificadas a periodicidade e o tempo de amostragem. Cada amostragem durou cinco minutos e se repetiu uma vez por mês durante seis meses, os meses foram escolhidos aleatoriamente e foram: junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Sendo que a amostragem do mês de setembro foi extraviada durante o envio para o local onde foram feitas as análises (CONTROLBIO), estabelecida no Estado de São Paulo.

## **METODOLOGIAS ANALÍTICAS**

Um conjunto de determinações parciais: físico-químicas e microbiológicas foram necessárias para que se tivesse uma avaliação geral da qualidade do ar no sítio estudado.

### **Determinação da Temperatura, Umidade Relativa do Ar**

Os valores de temperatura e de umidade relativa do ar no exterior do aeroporto foram obtidos a partir de medições realizadas pela torre de controle enquanto aqueles referentes ao ar interior foram fornecidos pela INFRAERO. Estes valores são mostrados na TABELA VII e VIII.

TABELA VII: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o inverno/98 e o verão/99 registrados no Aeroporto em estudo.

Parâmetro/Período de amostragem	7:00 - 12:00 horas				12:00 - 17:00 horas				17:00 - 22:00 horas			
	Interna		Externa		Interna		Externa		Interna		Externa	
Estação do Ano	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
Temperatura Média °C	23	23	24	30	23	23	26	31	23	23	23	27
Umidade Relativa do Ar (Média)	22	22	88	82	22	22	77	76	22	22	93	88

I - Inverno V- Verão

Fonte: Min da Aeronáutica e INFRAERO

TABELA VIII: Temperatura e Umidade Relativa do Ar no exterior do Terminal nos diferentes meses amostrados

Parâmetro/Meses de Amostragem	Junho	Julho	Agosto	Outubro	Novembro
Temperatura °C	26	20	22	26	31
Umidade Relativa do Ar	75	88	88	70	52

Fonte: Min da Aeronáutica e INFRAERO

## **Determinação da Matéria Particulada Total (MPT) , COV's e Aldeídos**

A FIGURA 7, demonstra o sistema de amostragem utilizado para MPT, COV's aldeídos.

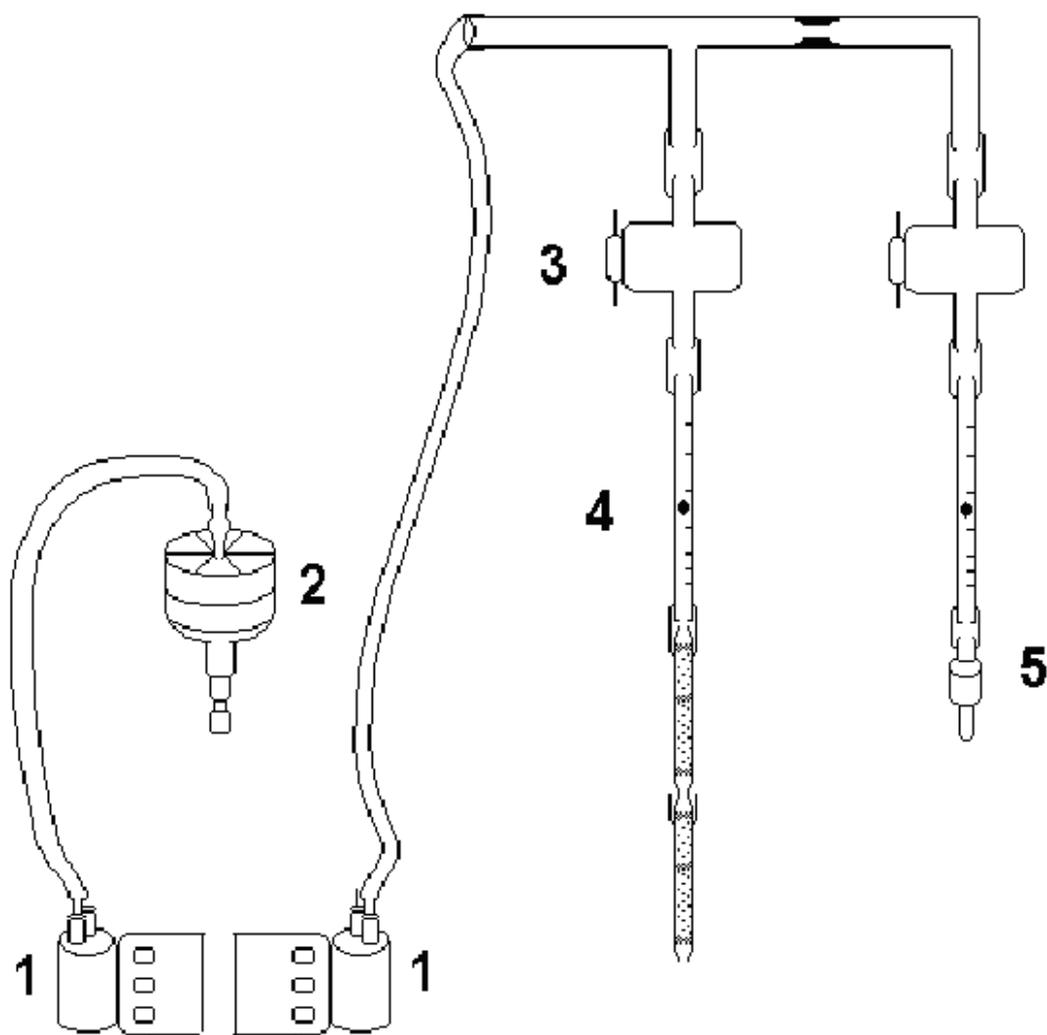
O sistema de amostragem utilizado para a coleta de ar para a determinação de MPT, consistiu de uma bomba de vácuo de diafragma, com fluxo de 8 l/min de ar, um filtro de polycarbonato (Millipore Cat no. HTTP03700, lote no. R2EM44176, EUA), com tamanho de poro de 0,4 µm e diâmetro de 37 mm, apoiado sobre uma malha metálica e colocado em porta-filtro de plástico para filtros de 37mm (SKC Inc, Eighty Four, PA., EUA Cat no. 225-3) (adicionalmente selado com fita adesiva) conectado por intermédio de tubo Tygon a uma das entradas de ar da bomba. A Matéria Particulada Total (MPT) foi determinada gravimetricamente com uma balança de precisão na faixa do µg (SARTORIUS - MSP Microbalance, Germany). As amostras e o branco de filtros de polycarbonato foram condicionados por dois dias em um dessecador, antes das pesagens serem efetuadas. O dessecador continha uma solução de glicerol 80% (p/p) a fim de proporcionar uma atmosfera com umidade relativa do ar constante (CONNER *et al*, 1990). Cada série de pesagens consistiu de cinco medidas. A matéria particulada foi calculada como sendo a diferença entre as médias aritméticas dos resultados de pesagem. Uma segunda bomba coletora de ar, com fluxo de 1 l/min, foi utilizada para a determinação de COV's. Conectada a ela, estava estava um tubo Tygon e um tubo de vidro com 2 saídas laterais paralelas (“manifold”). Cada saída possuía uma torneira de teflon ligada por tubo Tygon a um rotâmetro (Gilmond Inst., Niles, Il., E.U.A.). Os cartuchos de amostragem foram conectados à entrada de ar do rotâmetro, através de um tubo Tygon, de comprimento dependente da distância da posição de amostragem. Na primeira entrada, foi conectado um cartucho de carvão ativo (aprovado por NIOSH; SKC Inc., Eighty Four., PA, E.U.A., Cat no. 226-01, lote 2000) contendo 100mg de adsorvente no leito principal e 50mg de adsorvente no leito secundário, para amostragem de COV's, conectado através de um tubo de borracha se encontrava um cartucho de XAD-2 (SKC. Inc. Eighty Four., PA, E.U.A Cat. nº 226-39, lote 119) contendo 80 mg de adsorvente

no leito principal e 40 mg de adsorvente no leito secundário, ambos para amostragem de COV's. Na segunda entrada, foi conectado o cartucho de sílica gel C<sub>18</sub> Sep-Pak, impregnado com 2,4-dinitrofenilhidrazina, para amostragem de aldeídos. Tiveram brancos para todos os tubos de adsorção e filtros utilizados que foram levados aos sítios de amostragem, a fim de se monitorar uma eventual contaminação das amostras durante a coleta, transporte ou estocagem.

Após decorrido o tempo de amostragem, os cartuchos de carvão ativado e XAD-2 foram devidamente tampados com tampas apropriadas, envoltos com folha de alumínio, e colocados em saco plástico com zíper. Os cartuchos de C<sub>18</sub> Sep-Pak foram fechados nas extremidades com fita de teflon, e também envoltos com folha de alumínio e colocados em saco plástico com zíper. As extremidades dos porta-filtros amostrados e os brancos, foram tampados com tampas próprias, e eles envolvidos com papel de alumínio e colocados em saco plástico com zíper. Os cartuchos C<sub>18</sub> Sep-Pak foram colocados dentro de um dessecador revestido de folha de alumínio até a análise, e os filtros de policarbonato foram colocados em um dessecador para posterior medida gravimétrica. Os tubos de carvão ativado amostrados, assim como os seus respectivos brancos, foram guardados em congelador, a menos de 0°C, para posteriores extrações e análises.

### **Isolamento e caracterização dos COV's**

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) foram caracterizados por duas metodologias diferentes. A primeira é específica para aldeídos, fornecendo limite de detecção e resolução melhores do que os do método geralmente empregado para COV's. A segunda metodologia é a usualmente empregada para determinação de outras classes de COV's, pois o formaldeído apesar de ser um composto volátil dos mais disperso no ambiente, não é detectado pelos métodos de cromatografia gasosa que são geralmente utilizados para a análise de COV's (MARONI *et al.*, 1995).



Fonte: Rocha, 1997

1- Bomba de diafragma

2- Filtro de policarbonato e ciclone

3- Rotâmetro

4- Tubo de carvão ativado e Tubo de XAD-2 - análise de COV's

5- Sep-Pak - 2,4-DNFH- análise de aldeídos

FIGURA 7- Aparelhagem de amostragem múltipla de contaminantes químicos.

### Determinação de aldeídos

O método analítico utilizado para a determinação de aldeídos foi o IP-6A, utilizado pela U.S.E.P.A. (WINBERRY *et al.*, 1990). O fluxograma da metodologia aplicada está descrito na FIGURA 8.

Os cartuchos utilizados foram preparados na época da amostragem. Os métodos de purificação da 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNFH) e da preparação dos cartuchos estão descritos abaixo.

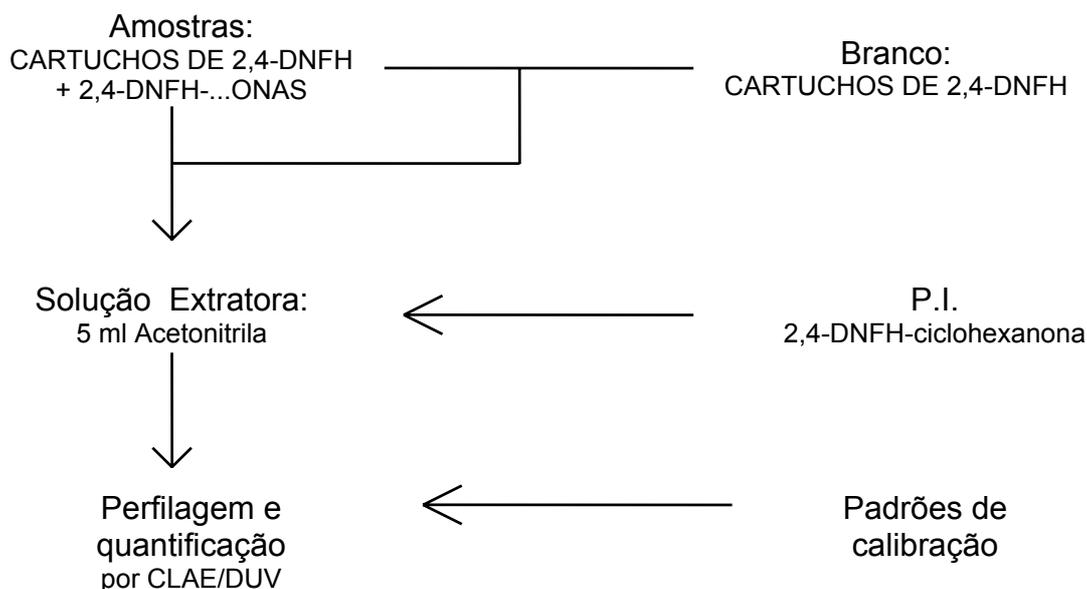


FIGURA 8: Fluxograma representativo da metodologia utilizada na análise de aldeídos.

Fonte: Rocha, 1997 com modificações

### Recristalização da 2,4-DNFH

O solvente utilizado foi a acetonitrila, previamente purificada por destilação sob 2,4-DNFH com o intuito de retirar traços de aldeídos e cetonas no solvente (De OLIVEIRA e De ANDRADE, 1994). Uma solução supersaturada de 2,4-DNFH em 100ml de acetonitrila foi colocada em um becher de 250 ml. A solução foi aquecida numa placa de aquecimento, com agitação magnética, até a temperatura de ebulição permanecendo assim por aproximadamente meia hora. Após esse tempo, o sobrenadante foi transferido para um becher de 250 ml e coberto com um vidro de relógio. O becher coberto foi colocado novamente na placa de aquecimento, com agitação magnética, deixando-se a solução esfriando lentamente até alcançar uma temperatura de cerca de 40°C. Essa temperatura foi mantida até que 95% do solvente tivesse evaporado e cristais sejam formados. A solução restante foi retirada, e os cristais foram lavados de duas a três vezes com acetonitrila gelada.

A etapa anterior foi repetida mais uma vez até a etapa do resfriamento da solução a 40°C. Essa temperatura foi mantida até que 60% do solvente tivesse evaporado. Após essa etapa, o becher tampado foi colocado na bancada até o início do processo de cristalização da 2,4-DNFH. A solução foi resfriada lentamente por 20 minutos e submetida a filtração à vácuo. Os cristais obtidos foram colocados num dessecador revestido com folha de alumínio sob

vácuo, contendo papel de filtro embebido com solução acidulada de DNFH, que atua como adsorvente passivo de aldeído e cetona.

### **Preparação dos Cartuchos**

Os cartuchos foram preparados com uma solução e impregnados da seguinte maneira: 1 ml de ácido fosfórico concentrado foi adicionado a 143mg de 2,4-DNFH recristalizada em 20 ml de acetonitrila. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 100ml; o volume foi completado com acetonitrila. A saída mais curta de cada cartucho de C<sub>18</sub>-Sep-PAK (Water Associates, Milford, MA, USA) foi conectada a uma minicoluna; estes cartuchos foram previamente lavados com 10 ml de acetonitrila e a uma velocidade de 1 ml/min, com 3 ml da solução preparada. Os cartuchos impregnados foram transferidos para um dessecador revestido com folha de alumínio, contendo papel de filtro embebido com solução acidulada de 2,4-DNFH, para atuar como adsorvente passivo de aldeído e cetona, sob vácuo, durante 24 horas, com intervalos de 2 horas de purga durante o horário ocupacional do laboratório (7h-20h). Após 24 horas, as saídas dos cartuchos foram fechadas com fita teflon lavada com acetonitrila, e colocados em saco plástico com zíper contendo papel de filtro impregnado com 2,4-DNFH e guardados em dessecador sob atmosfera de nitrogênio.

### **Análise dos Cartuchos**

As saídas mais longas dos cartuchos utilizados na amostragem foram conectadas a mini-colunas de vidro (o fluxo de líquido durante a dessorção foi na mesma direção do fluxo de ar durante a amostragem, para prevenir a eluição de partículas insolúveis). As amostras coletadas foram extraídas com 6 ml de acetonitrila, e os eluentes coletados em balões volumétricos de 5 ml. Após a eluição, o volume de cada balão foi completado, e os balões guardados no dessecador até análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detector por Ultravioleta (CLAE-DUV). Cada amostra foi diluída na proporção de 1:5 e foi adicionado 10 ppm do padrão interno 2,4-DNFH-ciclohexanona. Três alíquotas, por amostra, foram analisadas. A quantificação dos resultados integrados obtidos se basearam na análise, pelo método dos mínimos quadrados, da curva de calibração dos padrões externo e interno.

As condições de análises para CLAE-DUV foram as seguintes:

Cromatógrafo: Shimadzu LC-10 AD com detector UV-Visível  $\lambda = 360$  nm AUFS: 2,00; Integrador: Hewlett Packard modelo 3396 series II.V.; Modo de injeção: manual; Volume de injeção: 5  $\mu$ l; Coluna: coluna Shimadzu Shim-pack CLC-ODS (M) 4.6 mm ID x

15cm dp= 5 $\mu$ m; Fase móvel: água bidestilada e deionizada/acetonitrila: 40/60 (v/v) e fluxo de 1ml/min.

### **Quantificação de aldeídos por CLAE-DUV**

A determinação desses compostos foram realizadas após derivatização, ou seja, através da formação de um derivado menos volátil - dinitrofenilhidrazona do formaldeído e do acetaldeído (FIGURA 9).

### **Determinação de COV's por Adsorção/Dessorção em Carvão Ativado e XAD-2**

As amostras coletadas, tanto no verão quanto no inverno foram dessorvidas e analisadas na mesma ocasião. Cada tubo de carvão ativado e tubo contendo XAD-2 contendo o material amostrado foram quebrados, com a ajuda de um alicate, e cada leito colocado em frascos de 2ml. Com a adição de 1 ml de diclorometano em cada frasco os COV's foram extraídos dos tubos de carvão ativado e do XAD-2 (ROCHA, 1997). Como padrão interno, adicionou-se 7  $\mu$ l de solução etérea de octano deuterado (2,14 mg/ml). Os frascos foram selados e tampados com folha de alumínio para não contaminar as amostras com ftalatos da tampa de borracha. As amostras foram guardadas no congelador a temperaturas inferiores a 0°C. Alíquotas de 1  $\mu$ l foram retiradas de cada frasco e analisadas por CGAR-EM/C para qualificação. Três alíquotas de 1  $\mu$ l foram retiradas de cada frasco para análise por CGAR-DIC para perfilagem e quantificação (FIGURA 10).

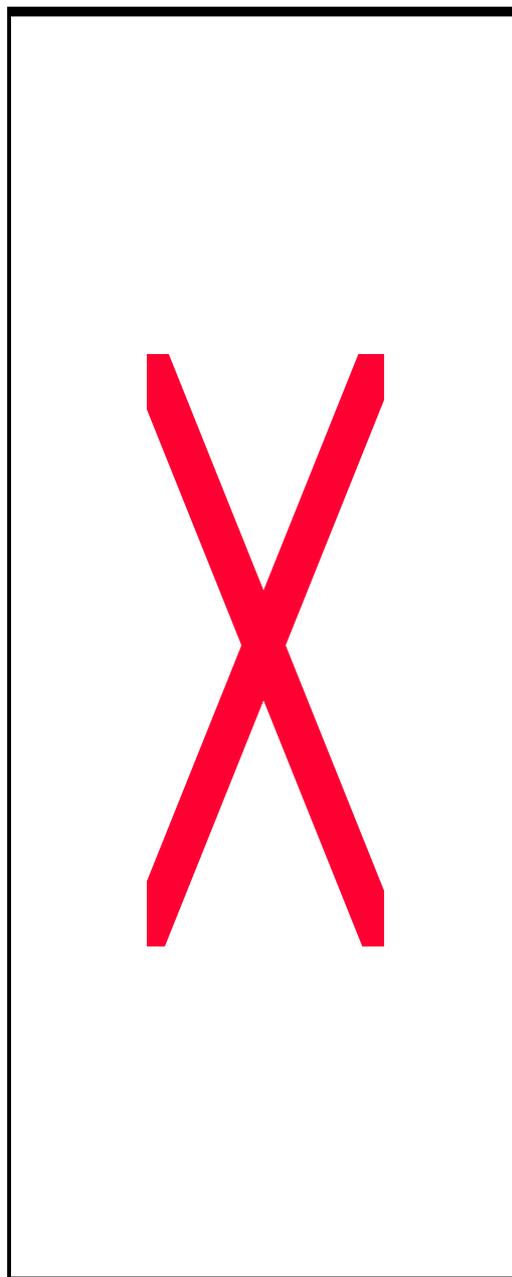


FIGURA 9: Cromatograma da análise de hidrazona de aldeído correspondente

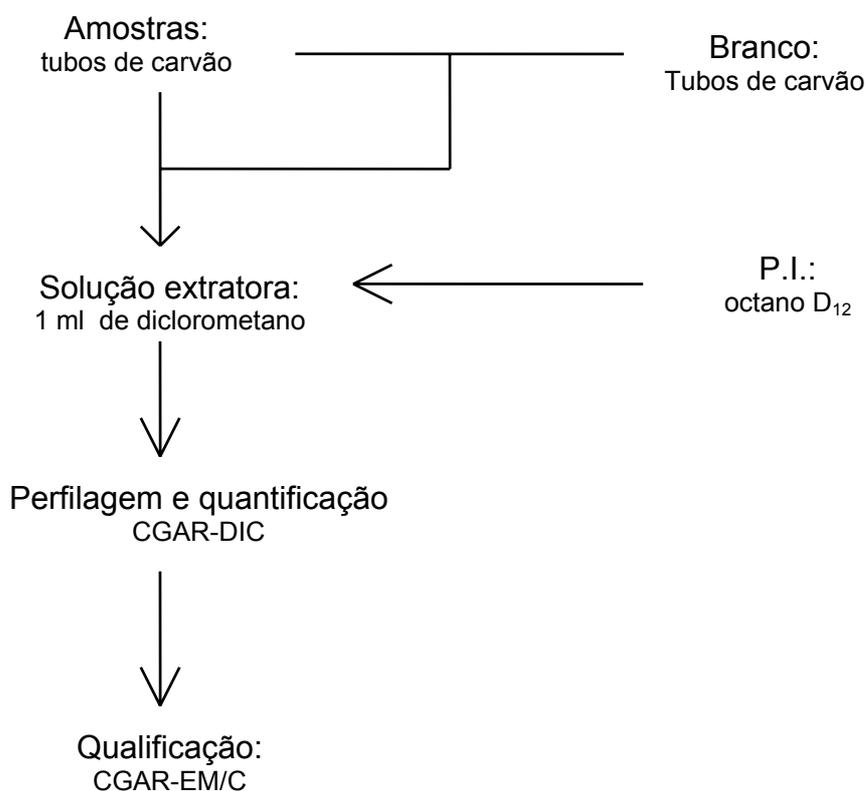


FIGURA 10: Fluxograma para análise de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's).  
Fonte: Rocha, 1997 com modificações

Condições de Análise utilizadas na quantificação dos COV's:

Cromatógrafo: Hewlett-Packard (Palo Alto, CA, EUA) modelo 5890 com detector por ionização em chama; Registrador-Integrador HP mod. 3396 series II; Coluna: Capilar de sílica fundida de alta resolução; comprimento de 50m, contendo 3m de lacuna de retenção de sílica silanizada; diâmetro interno de 0,2mm; fase estacionária HP-5 (5% fenil-metil-silicone); espessura do filme 0,45µm; Gás carreador: Hidrogênio, 90 Kpa; Método de injeção: Sem divisão do fluxo; Tempo de fechamento da válvula: 0,50 min; Modo de injeção: Injetor automático HP7673; Volume de injeção: 1µl; Temperatura do injetor: 260°C.; Temperatura do detector: 310°C; Programação de temperatura: 35°C (5min) / 10°C/min / 250°C (5min).

Condições de Análise utilizadas na qualificação dos COV's:

Cromatógrafo: Hewlett-Packard (Palo Alto, CA, EUA) modelo 5890 series II acoplado a espectrômetro de massas mod. 5972, computador HP 596; Coluna: Capilar de sílica fundida de alta resolução; comprimento de 50m, contendo 3m de lacuna de retenção de sílica

silanizada; diâmetro interno de 0,32mm; fase estacionária HP-5 (5% fenil-metil-silicone); espessura do filme 0,45 $\mu$ m; Gás carreador: Hélio, 40ml/min; Método de injeção: Sem divisão de fluxo; Tempo de fechamento da válvula: 0,75 min; Modo de injeção: Injetor automático HP 7673; Volume de injeção: 1 $\mu$ l; Temperatura do injetor: 260 $^{\circ}$ C; Temperatura do detector: 310 $^{\circ}$ C; Programação de temperatura: 35 $^{\circ}$ C (5min) / 10 $^{\circ}$ C/min / 250 $^{\circ}$ C(5min); Analisador de massas: quadrupolo; Faixa de varredura: 30-350  $\mu$ ; Corrente de emissão: 300  $\mu$ A; Energia de ionização: 70 eV; Temperatura da fonte: 200 $^{\circ}$ C.

### **Quantificação por CGAR-DIC e identificação por CGAR-EM/C**

As análises de COV's amostradas no sítio aeroportuário, envolveram em total de 18 tubos de carvão ativado e 18 tubos de XAD-2 por época de amostragem (inverno e verão), que divididos em dois leitos cada, totalizaram um montante de 144 amostras a serem analisadas.

A coluna utilizada foi a HP-5 por ser ligeiramente mais polar. A quantificação dos componentes das amostras foi feita utilizando-se o octano deuterado como Padrão Interno (P.I). O Tempo de Retenção do Padrão Interno (P.I.), octano deuterado foi em 9.890, nas condições de análise descritas anteriormente. Uma análise quantitativa através de Padrão Interno (P.I), envolveu a determinação de fatores de resposta dos compostos que forem quantificados em relação ao P.I. utilizado.

A caracterização foi realizada através da comparação dos espectros de massas dos componentes detectados com os espectros de massa dos programa de pesquisa em espectroteca de massa de compostos padrão disponíveis. Os espectros de massa por impactação de elétrons, com uma energia de feixe de elétrons de 70 eV, foram obtidos através de varredura total de 29 a 300  $\mu$  .

A FIGURA 11 expõe o cromatograma do PI no CG-MS e a FIGURA 12, ilustra dois cromatogramas de massas totais de uma amostra de ar no exterior do edifício ponto externo - alto E1 e uma amostra do ar no interior, ponto interno E3.

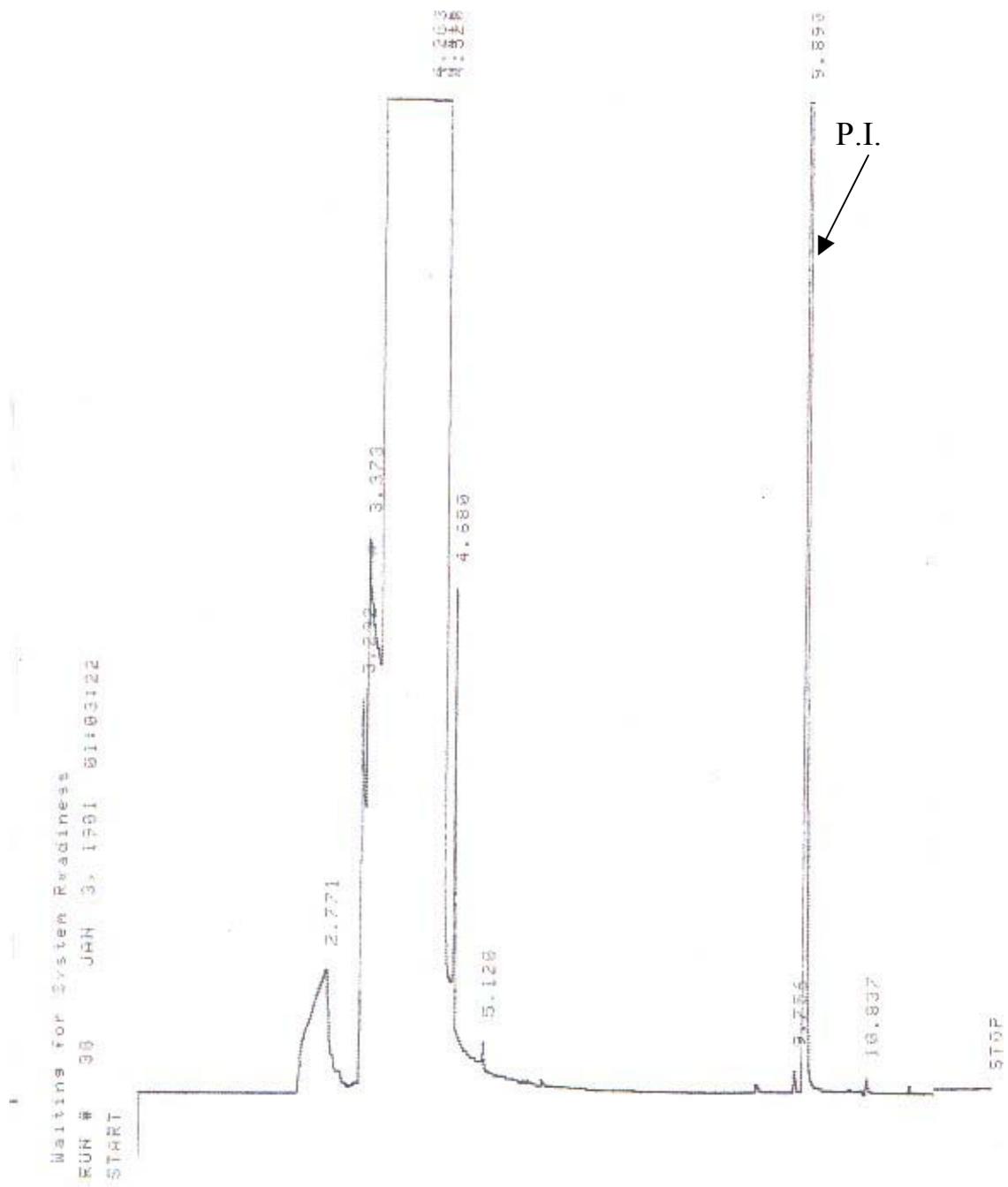


FIGURA 11: Cromatograma do Padrão Interno (P.I.) no CG-MS  
Condições 35°C (5 min) / 10°C/min/ 250°C (5 min)

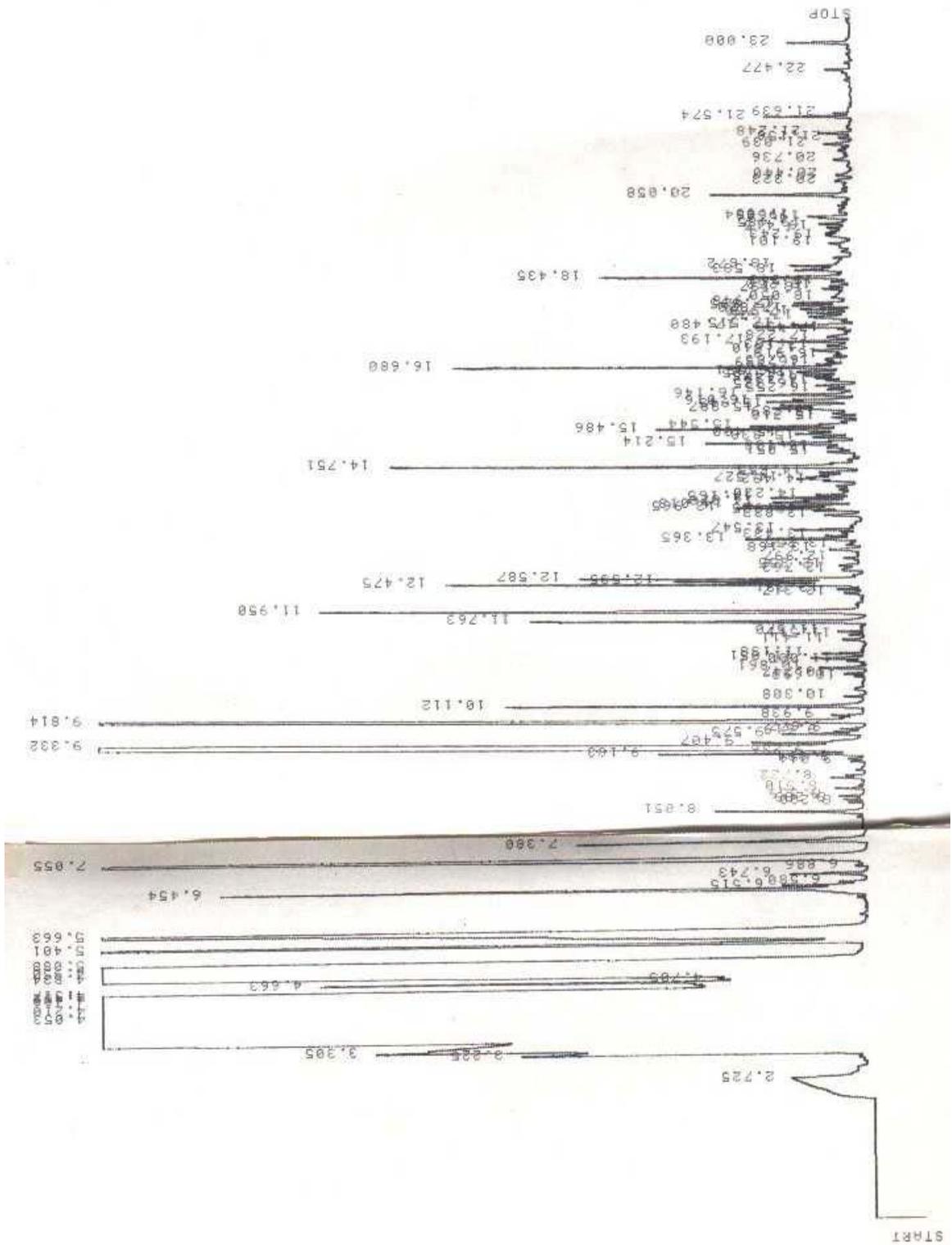


Figura 12: Cromatograma referente a amostra do ar no interior do prédio (Ponto interno E4) Condições: 35°C (5min) / 10°C/min / 250°C (5min).

## **Amostragem de Biopartículas - Fungos**

As amostragens foram realizadas em pontos estacionários. O equipamento utilizado foi colocado a uma altura de 120 cm da superfície, altura equivalente a uma pessoa sentada, portanto, sendo considerada zona de respiração.

A amostragem foi realizada através da utilização de um impactador com acelerador linear - Amostrador de Andersen, (FIGURA 13). Esse amostrador consiste de um estágio contendo um compartimento para a deposição de uma placa de Petri, com 400 furos no compartimento onde foi depositada a placa contendo o meio Agar Sabouraud Dextrose a 4%, específico para fungos e em seguida selado com a ajuda de três ganchos. As amostras foram coletadas durante 5 minutos a 28,3 l/min. Após a amostragem de cinco minutos de duração, a placa foi removida, tampada e identificada. Em seguida, o amostrador foi limpo com álcool etílico 70% (p/p) e soro fisiológico e seco com gaze esterilizada. Esse procedimento ocorreu em todos os sítios de amostragem. As colônias de fungos foram diferenciadas através da utilização de um microscópio após 12 dias de incubação a  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Após este período foi realizada a caracterização e enumeração das colônias de fungos e a identificação de todos os fungos viáveis. A concentração dos fungos foi calculada e representada como Unidade Formadora de Colônias por metro cúbico (ufc/m<sup>3</sup>).

A bomba do amostrador foi semestralmente calibrada na CONTROLBIO - Assessoria Técnica Microbiológica s/c Ltda, no Estado de São Paulo. A exatidão do amostrador é de  $\pm 0,02$  l/min e a precisão de  $\pm 99,92\%$ .

## **Preparação dos meios de Cultura**

As placas de Petri (decartáveis e com diâmetro de 10 cm) foram preparadas alguns dias antes de cada amostragem, pela CONTROLBIO. Elas foram previamente esterilizadas por radiação gama. Cerca de 15 ml do meio de cultura Ágar sabouraud Dextrose (Difco, Detroit, Mich., EUA) que por sua vez foram esterilizados em autoclave e então adicionados às placas, tendo sido posteriormente tampadas.

Para evitar a formação de gotas de água de condensação na superfície do meio de cultura, as placas foram guardadas invertidas, após a solidificação do meio. O lote de amostragem foi colocado dentro de um isopor esterilizado com álcool a 70% (p/p). O isopor foi guardado em refrigerador para melhor preservação.

## **Contagem e Identificação dos Fungos**

Após cada série mensal de amostragem, as placas semeadas foram identificadas e colocadas invertidas em um acondicionamento apropriado e transportadas para o Laboratório CONTROLBIO, localizada no estado de São Paulo, para crescimento e identificação. No laboratório as placas foram colocadas em uma incubadora (Eletrolab, SP, BR) a uma temperatura em torno de 28 °C, por um período de 12 dias. O tempo necessário para toda a rotina laboratorial de isolamento ficou em torno de 5 - 20 dias.

Procedeu-se a identificação de gêneros de fungos levando-se em consideração características das colônias, tais como crescimento, aparência da superfície da colônia, cor, exame microscópico das estruturas de reprodução e provas bioquímicas.

Adicionalmente, foi utilizado o corante azul de lactofenol para melhor visualização das estruturas fúngicas. Os resultados foram expressos em unidade de formação de colônias por metro cúbico ( $\text{ufc}/\text{m}^3$ ), conforme descrito no capítulo intitulado Resultados e discussão.

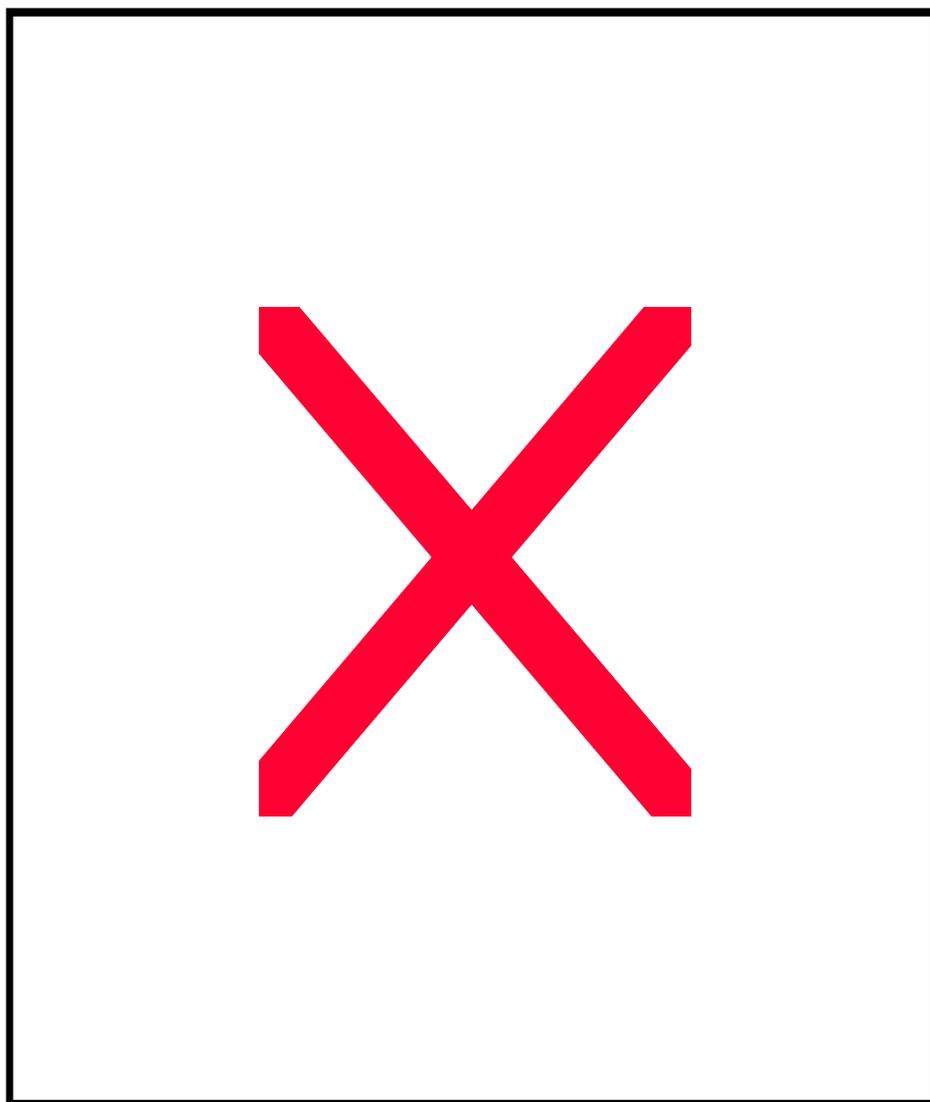


FIGURA 13: Aparelhagem para Amostragem de fungos - Amostrador de Andersen

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa estão abaixo demonstrados, subdivididos por suas principais características.

#### Dados Epidemiológicos

Dos duzentos questionários distribuídos cento e dez (55%) foram respondidos. A TABELA IX demonstra o perfil dos participantes em relação a sexo e idade enquanto que a TABELA X relaciona sexo e fumante / não fumante.

TABELA IX: Perfil dos participantes do questionário em relação a sexo e idade

Sexo	Participantes		Idade (anos)			
	n	%	n (20-39)	%	n (40-60)	%
<b>Masculino</b>	72	65	26	24	46	42
<b>Feminino</b>	38	35	14	12	22	20
<b>Total</b>	110	100	40*	36	68*	62

\* Duas pessoas do sexo feminino não responderam o item idade

n= nº de participantes

Estudo realizado, na Inglaterra, sobre a influência do sexo na evidência de sintomas de Síndrome do Edifício Doente (SED), quando ambos os sexos permanecem no local de trabalho o mesmo número de horas, demonstrou que em condições ambientais ruins, ambos os sexos reportaram os mesmos sintomas de saúde na mesma intensidade (RAW *et al.*, 1995). Neste estudo o resultado não foi diferente daquele encontrado na Inglaterra, demonstrando que o sexo não influencia os sintomas da SED em condições ambientais adversas.

TABELA X: Perfil dos participantes do questionário em relação a sexo e fumante/não fumante

	<b>Fumante</b>		<b>Não Fumante</b>	
	n	%	n	%
<b>Masculino</b>	8	7	64	58
<b>Feminino</b>	12	11	26	24
<b>Total</b>	20	18	90	82

n= n° de participantes

### **Variáveis Físicas e Conforto Ambiental**

Diante da diversidade de fatores de risco existentes no interior dos ambientes fechados, optou-se por analisar, apenas a temperatura, a umidade relativa do ar, a ventilação, os ruído e os odores

As resposta às questões sobre conforto ambiental estão sumarizadas na TABELA XI.

A temperatura dos ambiente internos estudados deveria, segundo a INFRAERO, ser de  $23^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , porém, em alguns recintos, provavelmente devido as atividades antropogênicas exercidas e falhas no sistema de refrigeração, a temperatura chega, segundo informações dos trabalhadores, acima daquela regulada pelos computadores da INFRAERO, indicando temperaturas no interior do terminal próximas ao valor da temperatura externa, ou às vezes bem abaixo daquelas estipuladas. Nestes casos, aciona-se o serviço de manutenção para correção da temperatura conforme o estipulado. As flutuações das temperaturas percebidas pelos trabalhadores ocasionaram desconforto térmico e reclamações pelos ocupantes dos recintos. Entretanto, durante os dias em que foram realizadas as amostragens, as temperaturas em ambiente interno estavam dentro do padrão do Padrão Referencial Brasileiro recomendado pela ANVISA/MS (entre 23 e 25 °C). As respostas obtidas quanto a este quesito apontam reclamações dos trabalhadores sendo que 46% acharam a temperatura no interior do terminal estudado muito quente no verão e 44% muito frio no inverno.

TABELA XI: Conforto ambiental - Inverno de 1998 e Verão de 1999 - Respostas dos questionários respondidos expressos em %

		INVERNO	VERÃO
TEMPERATURA	Confortável	27	20
	Desconfortável	51	57
	Muito Quente	18	46
	Muito Frio	44	26
QUALIDADE DO AR ( INTERIOR )	Seco	58	62
	Úmido	22	20
	Fresco	27	24
	Abafado	64	58
	Inodoro	29	27
	Com Odor	50	48
	Satisfatório	14	20
	Insatisfatório	71	60
RUÍDO	Totalmente Satisfatório	40	42
	Totalmente Insatisfatório	40	44

Segundo a Resolução RE nº 176, de 24/10/2000, da ANVISA/MS, os valores recomendados para os parâmetros físicos de Temperatura, e Umidade deverão estar de acordo com a NBR 6401, de Dez/1980, que por sua vez foi extraída da ASHRAE Handbook of Fundamentals (1972), mencionando que o ar insuflado para os ambientes fechados deve ser totalmente filtrado e parcialmente renovado e que a taxa de ventilação para renovação do ar de escritórios, para promover saúde e conforto ambiental aos seus ocupantes deve ser de 15 cfm/pessoa para ambientes com alguns fumantes, fixou valores diferentes para a temperatura e umidade relativa do ar de acordo com a estação do ano, ou seja, verão ou inverno, com a finalidade de promover conforto ambiental aos ocupantes. A faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco nas condições internas para o verão deverá variar entre 23 - 26°C com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21°C e 23° C. A faixa máxima de operação deverá variar entre 26,5 °C e 27 °C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28 °C. a seleção da faixa dependerá da finalidade e do local da instalação. Para as condições internas para o inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20 °C a 22 °C.

Pesquisadores americanos STELLMAN *et al* (1975) dizem que o corpo se sente confortável a uma temperatura média de 23°C e 45% de umidade, e que as temperaturas fora desta faixa, especialmente as mais elevadas, contribuem para uma maior taxa de absenteísmo. Os mesmos autores sugerem que, para trabalho repetitivo, se utilize temperaturas alguns graus mais baixos que as indicadas. As pesquisas de REINIKAIN *et al.* (1991) e REINIKAIN *et al.* (1992) identificaram associações com temperaturas maiores do que 22°C e umidades relativas do ar menores de 25% com a ocorrência dos sintomas da SED, em prédios de escritórios.

A faixa recomendável de operação da Umidade Relativa do Ar recomendada nas condições internas para o verão, deverá variar entre de 40 - 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40 - 55%, durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. A seleção da faixa dependerá da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para o inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35 a 65%.

A Umidade Relativa do Ar no interior do Terminal, segundo a INFRAERO foi de 22%. Com relação a Umidade Relativa do Ar, não estando portanto dentro da faixa recomendada de operação.

A qualidade do ar no interior do Terminal, foi considerada por 58% dos trabalhadores como sendo muito seco no inverno e 62% acharam muito seco no verão. Já as respostas variaram entre 58 e 64% para aqueles questionados que acharam o ar muito abafado tanto no inverno quanto no verão. O quesito insatisfação quanto a qualidade do ar no interior do Terminal, na sua totalidade variou entre 20% no inverno e 60% no verão, o que demonstra uma elevada insatisfação com estes parâmetros avaliados.

Das respostas encontradas no questionário, no quesito desconforto ambiental, 58% dos trabalhadores, no inverno, e 62% no verão, responderam que o ar estava muito seco no interior do Terminal. Provavelmente, a diminuição da Umidade Relativa do Ar tenha sido um dos fatores causadores dos sintomas apontados pelos trabalhadores de: pele seca (51%), secura na garganta (58%) e nariz entupido (67%).

Sabe-se que a baixa umidade resulta em pele seca, boca e mucosa nasal ressecadas, descritos no item Sintomas relacionados a saúde, enquanto que a umidade alta pode favorecer a proliferação de agentes biológicos. A umidade relativa do ar nos pontos de amostragem internos foi de 22%, estes resultados estão fora das especificações do Resolução - RE nº 176/2000, contribuindo assim para um maior desconforto pessoal sendo uma das causas prováveis dos resultados obtidos referentes a bem-estar.

## **Odor e Ruído**

O questionário incluiu também questões sobre percepção de odor e ruído no interior do recinto. Conforme os resultados apresentados na TABELA XI, 50% dos participantes responderam sobre o desconforto quanto a percepção de odor, no interior do Terminal Aeroportuário. Para 71% dos que responderam afirmativamente, os mesmos foram considerados insatisfatórios. Somente 29% dos questionados acharam o ambiente inodoro no inverno e 27% no verão. Estes valores são bastante elevados merecendo ser considerados pela administração do aeroporto em estudo pois podem significar a existência de riscos à saúde. Recentemente, foram percebidos pelos ocupantes de um Shopping Center, localizado em Osasco - Estado de São Paulo, foram percebidos odores de gás no interior do prédio, como as reclamações não foram consideradas pela administração, teve como consequência a destruição do prédio, devido a um vazamento na tubulação de gás, resultando em morte e ferimento em alguns ocupantes do prédio no momento da explosão.

Apesar do sítio estudado possuir sistema de isolamento de ruídos externos emitidos pelas aeronaves para o interior do prédio, no horário do "*rush*" dos vôos (embarque e desembarques) é grande a movimentação de passageiros e visitantes, o que ocasiona um aumento considerável do nível de ruído no interior do terminal. Este poderia ser um dos prováveis fatores para *stress* dos trabalhadores. A OMS estabeleceu como padrão de conforto para o ouvido humano 70 decibéis, acima do que pode haver danos físicos e psíquicos, que são influenciados tanto pelo tempo de exposição como pelo nível de ruído (GALVÃO 1996).

A Portaria 3214/78-MTb (Ministério do Trabalho) determina, no Brasil, que o limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente é de 85 decibéis para uma exposição máxima de 8 horas diária.

Não foram realizadas, no presente estudo, nenhuma medição de ruído no interior do Terminal a fim de verificar a procedência das reclamações.

## **Sintomas e Sinais Relacionados a Saúde**

A predominância dos tipos de sintomas relatados pelos trabalhadores questionados já são reconhecidamente relacionados a má qualidade do ar de interiores. Alguns sintomas estão associados à Síndrome do Edifício Doente (SED) e Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla (SQM). Os principais sintomas e sinais apontados pelos questionados estão descritos na TABELA XII.

Os sintomas relatados foram encontrados em maior frequência entre os trabalhadores que estavam confinados dentro de uma sala de aproximadamente 30 m<sup>2</sup> (ponto E4), onde a maioria do contingente era fumante.

Segundo PAGENOTTO (1996), o ar condicionado esfria o ar, retirando dele a umidade, como o ar que chega aos pulmões deve ser úmido e ter aproximadamente 36°C de temperatura, caso o ar entre mais frio no organismo, as vias respiratórias superiores (fossas nasais e narinas) têm que aquecê-lo, para que isto ocorra, uma maior concentração de sangue flui para esta região, acarretando num excesso de muco, que por sua vez é eliminado pelas narinas, que conhecemos por coriza. Quando esta secreção flui para a garganta a tosse é inevitável. Por outro lado, o organismo em contato com o ar seco, retira a umidade necessária das vias respiratórias por onde passa, levando a ressequidão na garganta e traquéia, tendo como consequência a tosse (COSTA, 1998).

TABELA XII: Sintomas e Sinais relacionados a saúde

Sintomas	n*	%
Secura nos olhos	110	42
Coceira ou lacrimejamento dos olhos	108	56
Coriza	110	47
Nariz entupido	110	67
Secura na garganta	102	58
Letargia	102	67
Dor de cabeça	106	60
Pele seca, irritada,coceira	106	51

\*n = número de questionários com questões respondidas sobre o assunto

HEMPEL *et al.* (1997) descreveu em seu estudo que a intensidade da percepção da irritação causada nos olhos cresce significativamente com o aumento do nível de exposição a compostos voláteis orgânicos. A sensibilidade decresce brandamente mas significativamente após prévias exposições.

De fato, a grande percentagem de trabalhadores que reportaram estes sinais/sintomas apontaram para uma qualidade duvidosa do ar no interior do Terminal estudado.

Os resultados das análises químicas, como veremos adiante, confirmam a existência de fontes poluentes de ambientes interiores. Não devendo ser descartada a possibilidade da mistura das substâncias químicas gerarem efeitos aditivos/sinérgicos resultando em sintomas vários de saúde.

Os sintomas apontados pelos trabalhadores poderão contribuir para uma reduzida produtividade e também no aumento do absenteísmo, ocasionando um impacto de ordem econômica.

## Matéria Particulada Total e Variáveis Químicas

### Matéria Particulada Total (MPT)

O número de Partículas em Suspensão encontrados no interior do Terminal de Passageiros em estudo, está associado com as fontes emissoras de partículas encontradas tanto no ambiente externo quanto interno do aeroporto. Como foi relatado anteriormente, as causas prováveis de emissão de partículas se deve: a localização do aeroporto, que se faz entre auto estradas de grande movimento; do estacionamento de aeronaves na pista do mesmo; dos veículos automotores circulantes e das emissões antropogênicas.

Segundo o padrão da EPA para  $MP_{10}$  (EPA, 1991), quando não estão presentes fontes de combustão no ambiente interior, geralmente, as concentrações destas partículas se encontram em concentrações abaixo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do ar em um período de 24 horas.

De uma maneira geral as concentrações no ar interior de Matéria Particulada Total (MPT), mostradas na TABELA XIII, foram maiores do que no ar do exterior do terminal comprovando a existência de fontes internas de MPT.

TABELA XIII: Concentrações de Matéria Particulada Total (MPT) em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Localização/horário da Amostragem	Períodos de amostragem					
	7:00 - 12:00 h		12:00 - 17:00 h		17:00 - 22:00 h	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
ESTAÇÃO						
Ponto externo - alto (E1)	54,4	52,4	46,9	46,3	27,9	35,6
Ponto interno (E2)	21,2	26,0	21,2	16,2	25,6	283,1*
Ponto interno (E3)	22,4	22,2	22,4	34,3	104,4*	161,3*
Ponto interno (E4)	51,2	60,1	51,2	58,3	87,9*	61,2
Ponto interno (E5)	68,5	71,9	68,5	51,1	10,3**	59,6
Ponto externo - baixo (E6)	123,0*	114,8*	72,2	71,1	63,6	58,7

\* Sítios amostrados que excederam o valor de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  estipulado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1990) e pela Resolução - RE nº 176/2000 ANVISA/MS

\*\* O baixo valor de MPT se deveu possivelmente a um erro instrumental e este valor deve ser desconsiderado.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que no ponto externo baixo (E6), durante o período de amostragem entre 7-12 horas, tanto no inverno quanto no verão, e nos pontos internos E2, E3 E4 e E5 no inverno e em algumas ocasiões no verão, entre 17 - 22 horas, as concentrações de MPT, ultrapassaram o Limite Brasileiro de exposição a MPT em

suspensão, estipulado pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e pela ANVISA/MS através da Resolução - RE nº176/2000, que é  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tais valores servem como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado. Essas concentrações foram as maiores encontradas neste estudo, e podem ser atribuídas a ser este o período de maior movimentação de chegada, estacionamento e estacionamento de aeronaves de grande porte e de veículos automotores na pista do aeroporto que produzem este tipo de contaminação. As concentrações de MPT encontradas no ponto externo - alto (E1), local onde o ar é captado para o sistema de refrigeração, localizado no telhado da edificação ficaram abaixo de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mostrando que o ar captado estava dentro das características legais necessárias. No período noturno, tanto no inverno quanto no verão as concentrações máximas de MPT, ocorreram em postos amostrados no interior do terminal (E2, E3, E4), a causa provável deste aumento se deve a alta movimentação de pessoas (passageiros, trabalhadores e visitantes) no interior do sítio amostrado, demonstrando que tal movimentação influencia tanto a emissão de partículas devido a atividade humana quanto da deficiência de circulação e renovação do ar no interior do terminal. De fato, os valores mais elevados foram observados neste período noturno nos pontos E2 e E3 que são espaços menores e com elevada movimentação humana. No período da tarde os valores encontrados, tanto no inverno quanto no verão, não excederam o limite, pois é neste horário que a movimentação de pessoas no interior do terminal e de aeronaves e veículos no exterior é menor. A relação entre estes valores e aquele recomendado pelo CONAMA é mostrada na FIGURA 14.

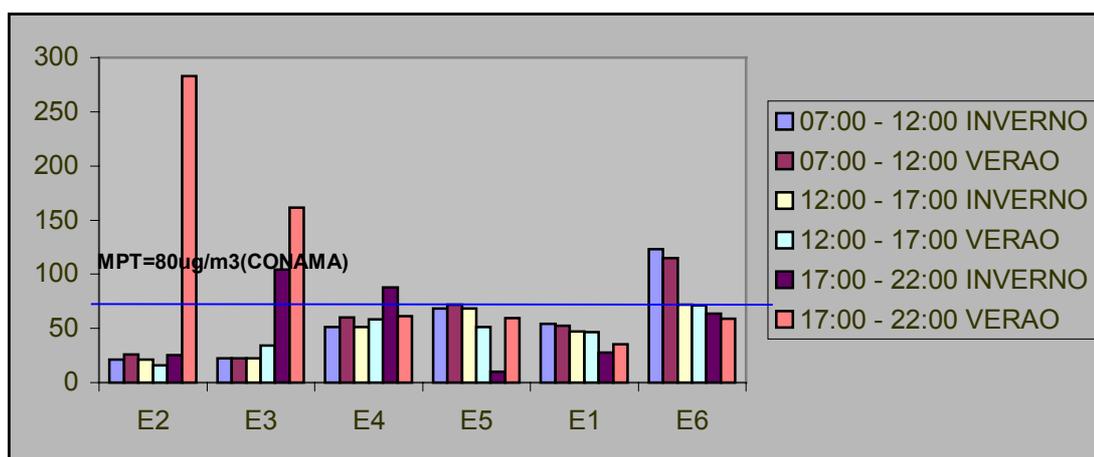


FIGURA 14: Variação da concentração de Matéria Particulada Total ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) conforme ponto de amostragem e estação do ano.

## Aldeídos - Formaldeído e Acetaldeído

As concentrações de formaldeído e acetaldeído encontradas mostram a existência de fontes de emissão. De uma maneira geral, conforme mostrado nas TABELAS XIV e XV, as concentrações de ambos foram inferiores nas amostras coletadas no inverno em relação àquelas encontradas no verão.

TABELA XIV: Concentrações de Acetaldeído ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Inverno de 1998 e Verão de 1999

Períodos de Amostragem	7:00 - 12:00 hz.		12:00 – 17:00 hs		17:00 – 22:00 Hz	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Ponto externo - alto(E1)	9.5	76.1	9.1	59.7	9.9	77.1
Ponto interno (E2)	23.7	69.7	25.4	29.2	21.0	25.2
Ponto interno (E3)	34.9	93.5	19.9	49.0	26.1	29.2
Ponto interno (E4)	32.8	22.1	26.4	53.5	14.7	44.7
Ponto interno (E5)	28.4	38.3	19.2	37.1	24.1	76.4
Ponto externo - baixo (E6)	12.5	73.9	12.7	62.7	13.3	70.4

Verificou-se que as concentrações de formaldeído encontradas nos pontos externos alto e baixo (E1 e E6) foram menores no inverno do que no verão. Observou-se que no horário de menor movimentação da pista (12:00 - 17:00 hs), as concentrações de ambos os aldeídos caíram pela metade em relação aos demais horários, sugerindo que as atividades desenvolvidas nas pistas com o pouso e decolagem das aeronaves e o trânsito de veículos auxiliares constituem importantes fontes de emissão destes aldeídos.

TABELA XV: Concentrações de Formaldeído ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Inverno de 1998 e Verão de 1999

Períodos de Amostragem	7:00 - 12:00 hz		12:00 – 17:00 Hs		17:00 - 22:00 hs	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Ponto externo-alto(E1)	3.0	58.8	2.7	66.7	2.9	88.4
Ponto interno (E2)	3.9	83.3	4.3	48.1	4.1	38.9
Ponto interno (E3)	6.8	101.4	5.7	66.4	4.7	38.8
Ponto interno (E4)	3.7	27.9	5.6	59.3	11.6	46.6
Ponto interno (E5)	4.9	46.7	4.2	83.5	3.9	83.2
Ponto externo-baixo (E6)	6.4	70.4	3.5	38.9	6.5	66.5

Obs: O mês de março de 1999, quando foi feita a amostragem do verão, foi muito seco e quente.

Quanto aos pontos amostrados no interior do Terminal (E2, E3, E4, E5), as concentrações encontradas foram maiores do que no exterior do terminal, tanto no inverno quanto no verão. No inverno as concentrações de formaldeído e acetaldeído foram menores do que no verão. Estes resultados mostram a existência de fontes emissoras importantes

(possivelmente material plástico e fórmica) no interior do terminal estudado e que a temperatura e a umidade relativa do ar são parâmetros importantes nestas emissões.

A concentração normal de formaldeído no ar exterior é geralmente menor do que 0,1 ppm (MARONI *et al.*, 1995).

Em estudos feitos por ANDERSON *et al.* (1975), em residências norueguesas, a concentração média de formaldeído encontrada foi 0,5 ppm (0,6 mg m<sup>-3</sup>), com uma variação entre 0,07-1,9 ppm (0,08-2,28 mg m<sup>-3</sup>), valores bem superiores àqueles observados neste estudo.

Não existe no Brasil, até o presente momento, nenhuma regulamentação sobre os limites de tolerância ao formaldeído em ar de interior. A NR-15, relaciona o formaldeído na com grau de insalubridade máxima. O limite de tolerância máximo em até 48 horas/semana é de 2,3 mg/m<sup>3</sup>. O Conselho de Pesquisa Médica e Saúde Nacional (National Health and Medical Research Council), da Austrália, fixou a exposição máxima ao formaldeído em ambientes internos residenciais e comerciais, em 120 µg/m<sup>3</sup>, valor este também recomendado pela WHO (1988). Essa mesma publicação relata que o Japão estabeleceu o limite de 150 µg/m<sup>3</sup>. Adotando-se estes parâmetros para fins de avaliação, verifica-se que em nenhum momento os mesmos foram ultrapassados.

Mesmo assim, estas concentrações podem ser um dos prováveis responsáveis pelo desconforto apontados pelos trabalhadores questionados no Estudo Epidemiológico. As variações das concentrações destes dois aldeídos são mostradas nas FIGURAS 15 e 16.

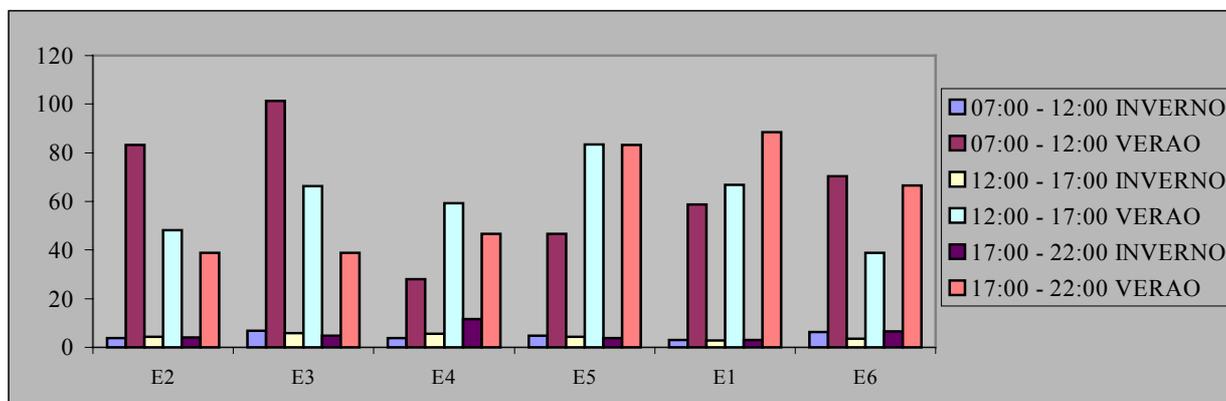


FIGURA 15: Concentrações de Formaldeído (µg/m<sup>3</sup>), Inverno e Verão

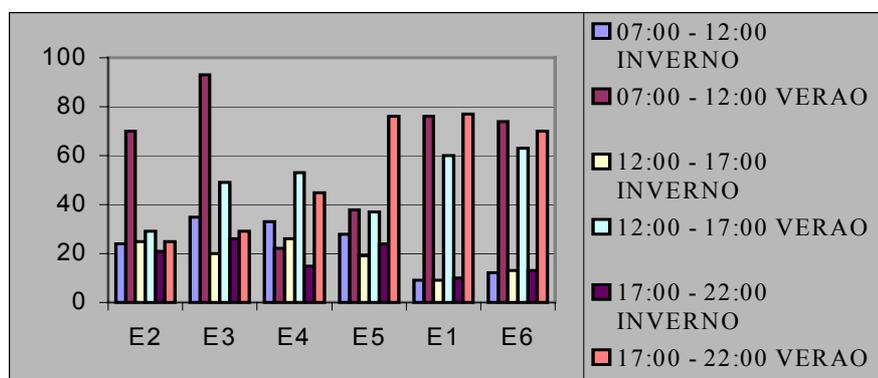


FIGURA 16: Concentrações de Acetaldeído ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Inverno de 1998 e Verão de 1999

### Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) e Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV'sT)

Dos meios utilizados neste estudo para adsorção dos COV's, carvão ativado e XAD-2, o que teve melhor resultado de detecção no CGAR/DIC foi o XAD-2.

Dezoito compostos foram identificados e quantificados nos seis pontos de amostragem no sítio aeroportuário. A maioria dos COV's qualificados nos sítios amostrados, fazem parte na sua grande maioria da composição dos gases de exaustão de motores de combustão interna.

O sumário dos resultados experimentais referentes aos COV's identificados estão nas TABELAS XVI-1 a XVI-3.

Os COV's identificados foram divididos em quatro classes: alifáticos (AL), aromáticos (AR), terpenos (TE) e oxigenados (OX).

A TABELA XVII mostra a quantificação dos COV's por classe química.

Nas amostragens realizadas predominaram os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos. Durante o inverno as concentrações das classes : alifáticos, aromáticos e oxigenados foram superiores àquelas encontradas no verão.

A FIGURA 17, mostra os teores (%) das classes identificadas no ponto de amostragem E1, tanto no inverno quanto no verão, em diversos horários. Foi observada a ausência de terpenos no ar externo. Foi também observada uma maior prevalência de hidrocarbonetos aromáticos no ar do ponto externo alto-E1, tanto no inverno quanto no verão, o mesmo ocorrendo com o ar no ponto interior - E2.

Concentrações significativas da classe dos terpenos só ocorreram no interior do Terminal. A principal fonte de emissão desta classe de substâncias são os materiais de limpeza, embora PASANEN *et al.* (1996), verificaram a emissão de terpenos ( $\alpha$ ,  $\beta$ , pineno, canfeno e limoneno) devido a atividade microbiológica de fungos.

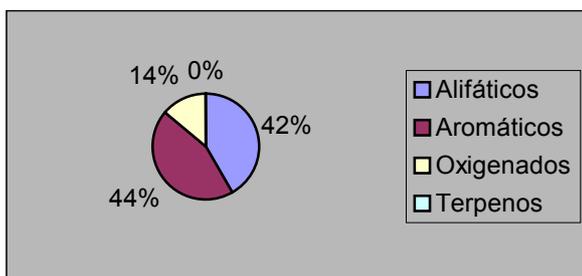
Nos pontos externos amostrados (E1 e E6), nos horários entre 7:00-12:00 horas e 12:00-17:00 horas, as concentrações encontradas de COV's e COV'sT foram inferiores as encontradas nos demais pontos (E2, E3, E4, E5), tanto no inverno quanto no verão. No inverno foram encontradas as maiores concentrações de COV's e COV'sT. A classe dos aromáticos foi a que apresentou maior concentração em todos os pontos amostrados. Isso se deveu, principalmente, as altas concentrações de tolueno observadas em todos os sítios de amostragem, em todos os horários, tanto no verão quanto no inverno. No horário entre 17:00 - 22:00 horas houve um acréscimo das concentrações dos COV's e COV'sT, provavelmente, devido ao aumento de movimentação, tanto no exterior (aeronaves, veículos automotores) quanto no interior do Terminal (passageiros, trabalhadores e visitantes). Todos as concentrações encontradas para os COV's e COV'sT estão abaixo dos Guidelines Internacionais. Estes resultados sugerem que os hidrocarbonetos encontrados no ar interior e exterior do Terminal são provenientes da mesma fonte, ou seja, são resultantes da combustão dos combustíveis utilizados nas aeronaves e veículos automotores.

Estudo anteriormente realizado (SILVEIRA, 1991), sobre a qualidade do ar no Aeroporto Internacional de Bruxelas detectou a presença de: etanol, benzeno, tolueno, tetracloretileno, o,m,p-xileno, dentre outros.

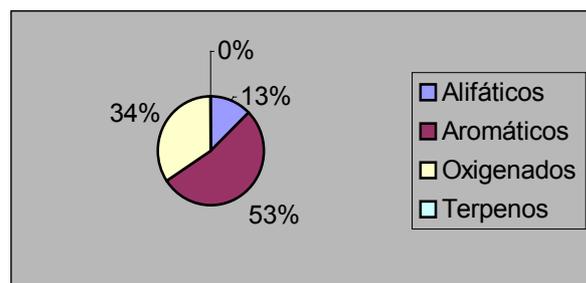
Na TABELA XVIII encontram-se valores de COV'sT (Compostos Orgânicos Voláteis Totais). Pode-se observar que as concentrações variaram entre 8 e  $1.877 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar exterior, e entre 18 e  $2.823 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar interior do Terminal Aeroportuário, tanto no inverno quanto no verão.

A maior concentração de COV'sT encontrada no ar interior (ponto interno - E3) foi de  $2.826 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , no inverno, entre 17:00 22:00 horas. No ar exterior, a maior concentração ocorreu no ponto externo alto - E1,  $1.878 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no inverno, entre 17:00 -22:00 horas. Uma das prováveis causas das altas concentrações de COV'sT encontradas na estação do ano - inverno, no horário 17:00-22:00 horas, em ambos os pontos amostrados, tenha sido devido ao aumento do fluxo de aeronaves e veículos automotores na pista interna do aeroporto, aumentando assim os níveis de COV'sT no ar no exterior (ponto E1), quanto a alta concentração encontrada no ponto interno-E3 tenha sido devido a baixa troca do ar interior com o ar exterior, efetuado pelo sistema de ar condicionado, ocorrendo um acúmulo de COV'sT no interior do Terminal.

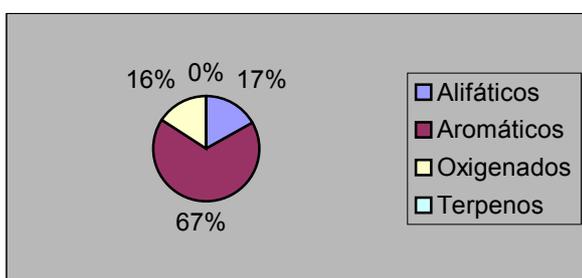
FIGURA 17: Classes de COV's (%) identificados no verão e no inverno nos pontos de amostragem E1 e E2, em diversos horários.



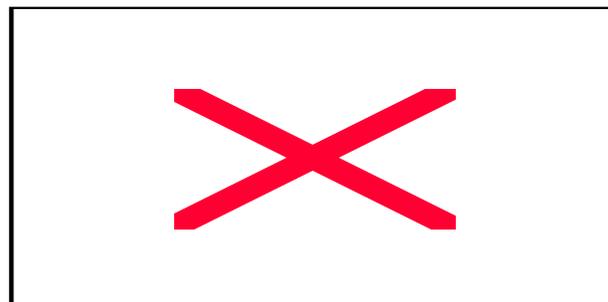
E1 - Inverno 7-12 horas



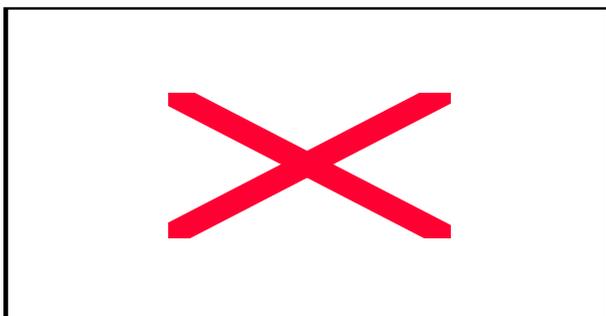
E1 - Verão 7 -12 horas



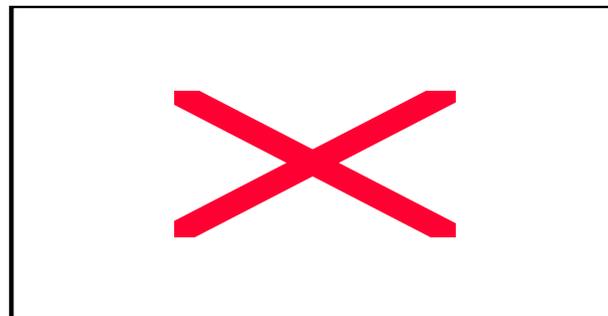
E1 - Inverno 12-17 horas



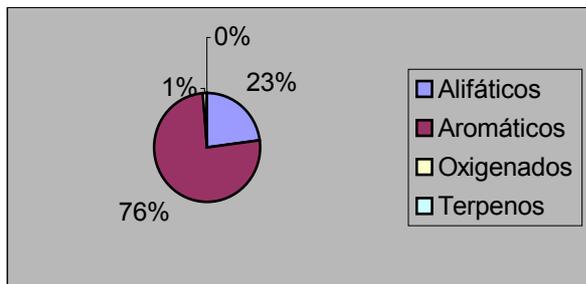
E1 - Verão 12-17 horas



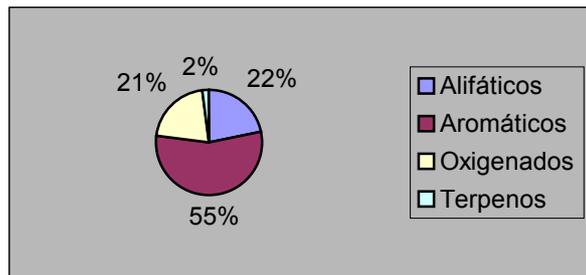
E1 - Inverno 17-22 horas



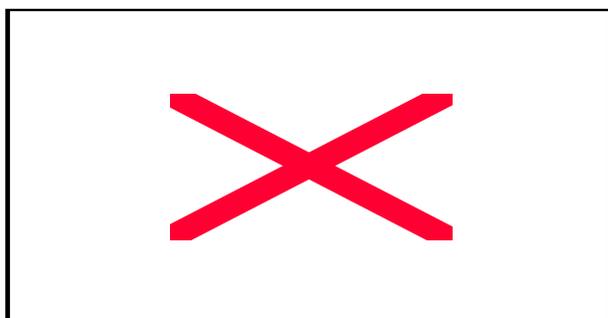
E1 - Verão 17-22 horas



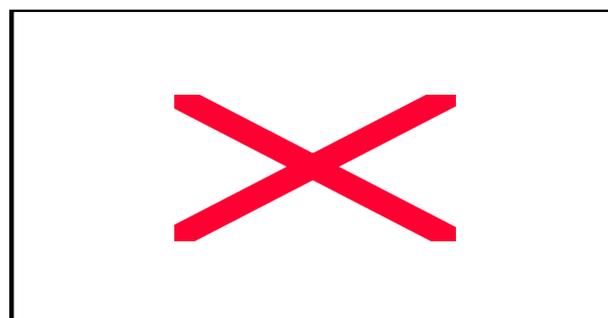
E2 - Inverno 7-12 horas



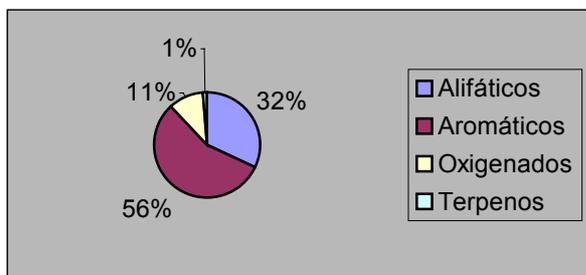
E2- Verão 7-12 horas



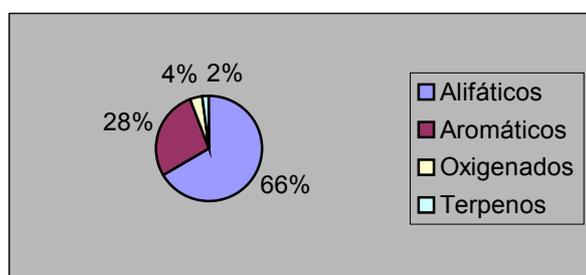
E2 - Inverno 12-17 horas



E2- Verão 12-17 horas



E2 - Inverno 17-22 horas



E2 - Verão 17-22 horas

As concentrações mínimas de COV'sT encontradas, tanto nos pontos internos quanto externos amostrados foram de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ponto externo alto-E1), e de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ponto interno E5), ambas ocorreram no verão, entre 12:00 -17:00 horas. Observou-se uma diminuição gradual das concentrações de COV'sT no horário entre 12:00 - 17:00 horas, em relação a outros horários, provavelmente devido a diminuição do número de decolagens / aterrissagens / taxiamento das aeronaves, influenciando na concentração destes compostos no ar externo e conseqüentemente no ar interno, além do que, neste horário, a população flutuante (passageiros, visitantes) no interior do terminal diminuiu, decrescendo assim as inúmeras atividades humanas.

Os resultados também demonstraram que a concentração no ar externo diminuíram com a altura, ou seja no ponto externo - alto E1, as concentrações foram inferiores ao do ponto externo baixo - E6 .

A FIGURA 18 mostra a variação de COV'sT nos diferentes pontos amostrados no sítio estudado, no inverno e verão de 1999.

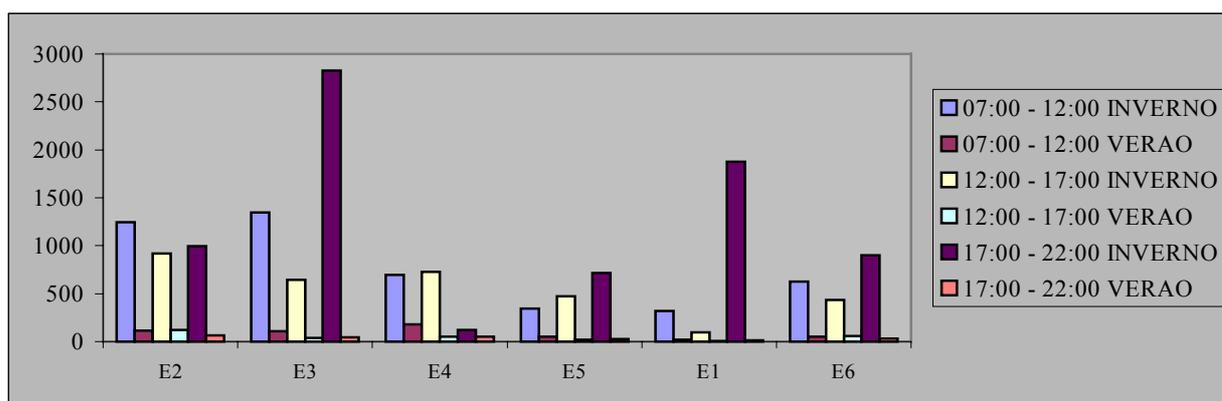


FIGURA 18: Variação de COV'sT no inverno de 1998 e verão de 1999 expresso em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

As concentrações dos COV'sT no ponto externo baixo - E6, foram maiores no horário entre 17:00-22:00 horas, neste horário normalmente ocorre um aumento no número de decolagens das aeronaves, nesse procedimento, as aeronaves estão com o motor a máxima potência de motor, ocorrendo uma maior queima de combustível, o que não ocorre durante a aterrissagem quando o motor da aeronave está reduzido, ocorrendo uma diminuição da queima de combustível.

No inverno, em diferentes horários, nos pontos amostrados tanto no interior quanto no exterior do Terminal, apresentaram concentrações de COV'sT acima do valor de exposição máxima em ambientes não industriais proposto por MOLHAVE e CLAUSEN (1996) que é de

300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A baixa troca do ar interior com o ar exterior, em sistemas aclimatados artificialmente, durante o inverno, deve ter sido uma das causas prováveis do acúmulo gradual de COV'sT, ocasionados pela emissão contínua de COV's no ar interior. Segundo estes autores níveis de COV'sT abaixo de 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  não causam desconforto nem efeitos irritantes, a não ser que existam substâncias irritantes que mesmo em baixa concentração provoquem efeitos adversos. Segundo esses autores, as concentrações entre 1000 - 5000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aumenta a probabilidade da ocorrência de algum efeito adverso a saúde com o decorrer do tempo de exposição.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, indicaram a presença de benzeno, tolueno e xilenos, tanto no ar interior quanto exterior, em quase todos os pontos amostrados .

As concentrações de benzeno encontradas variaram entre 0,4 - 4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar exterior e entre 0,5 - 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar interior.

Dentre todos os COV's identificados, o Tolueno foi o que apresentou valores bastante elevados tanto no ar exterior quanto no ar interior, indicando presença de fontes intensas de propagação deste composto. As concentrações do Tolueno nos pontos de amostragem: E2, E3 entre 7:00-12:00 horas; E2, E3, E4 e E5 entre 12:00-17:00 horas e E1, E2, E3, E5 e E6 entre 17:00-22:00 horas, todas amostradas durante o inverno, variaram entre 313 e 2.244  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de ar.

A mistura de BTX (Benzeno, Tolueno, Xilenos) apresentou uma razão similar entre os sítios de amostragem, indicando que a mistura de BTX seria proveniente da(s) mesma(s) fonte(s).

Segundo WALLANCE *et al.* (1995), a fumaça de tabaco é uma das principais fontes de benzeno no ar.

BRUNNEMANN *et al.* (1989), encontraram teores entre 6-37  $\mu\text{g}$  de benzeno na fumaça de um único cigarro. Os níveis de benzeno foram mais elevados em casa de fumantes (16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do que na casa de não fumantes (9,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) durante o outono e inverno (WALLANCE *et al.*, 1989), enquanto que no verão, quando usam ventilação natural, em ambos os domicílios, os níveis foram comparáveis (4,8 e 4,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente).

Considerando os estudos acima exemplificados, uma das possíveis causas dos níveis de benzeno, encontrados no interior do sítio estudado, tenha sido devido ao grande número de fumantes no interior do aeroporto. Outra causa pode ser a grande utilização de material orgânico do tipo fórmica na separação dos ambientes internos. É sabido que estes materiais são colados com o uso de colas orgânicas que contém em sua composição solventes aromáticos.

Alguns dos COV's identificados neste trabalho são considerados agentes carcinogênicos ou que possuem de propriedades carcinogênicas potenciais. Os níveis aceitáveis pelo ACGIH para estas substâncias e seus efeitos críticos estão no ANEXO VII.

TABELA XVI-1: Compostos Orgânicos Voláteis identificados durante o Inverno de 1998 e Verão de 1999, expresso em ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ar) Amostragem entre 7:00-12:00 horas

CLASSE	COV's	E1		E2		E3		E4		E5		E6	
		Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
AL	Hexano	2,3	0,8	172,4	0,8	162,6	1,1	171,6	0,9	10,3	1,2	331,3	2,6
OX	Acetato de Metila	41,7	5,6	10,53	22,7	123,0	13,4	155,8	105,6	19,0	7,9	186,6	4,7
AL	Metil ciclo pentano	116,5	ND	25,7	9,9	25,1	5,0	ND	5,5	15,0	3,2	37,8	3,9
AR	Benzeno	ND	0,8	3,3	3,9	4,8	2,2	2,4	2,5	8,1	1,8	4,7	2,4
AL	2,2,4,4,6-pentametil heptano	ND	0,1	58,3	1,6	58,8	0,5	82,9	0,4	ND	0,5	ND	0,4
AL	Heptano	10,9	ND	5,8	6,1	3,7	3,5	8,6	4,4	15,5	1,7	10,8	4,7
AR	Tolueno	143,2	5,4	922,0	49,9	917,9	39,5	209,6	40,0	245,7	18,8	16,4	10,0
AL	2,4-dimetil heptano	ND	ND	4,6	ND	5,6	ND	8,9	2,4	ND	ND	7,4	3,5
AR	Etilbenzeno	ND	1,3	4,5	5,5	4,9	31,9	0,7	4,2	5,3	2,4	6,4	4,8
AR	Xileno	ND	1,2	8,8	2,9	9,1	2,6	18,2	3,7	6,1	2,7	5,7	4,4
AL	Nonano	ND	ND	7,5	ND	4,9	0,2	1,0	03,	ND	ND	ND	ND
AR	Estireno	ND	ND	5,2	0,6	2,6	ND	7,8	1,0	ND	ND	ND	ND
OX	2-propenal/2-pentanal	ND	ND	0,9	0,9	1,1	ND	2,8	ND	0,6	ND	ND	ND
OX	2-metil-1-pentanol	ND	ND	ND	0,5	2,9	0,5	2,1	0,4	ND	0,4	ND	ND
AL	Decano	1,7	0,5	6,1	4,2	7,5	ND	11,3	ND	7,6	5,1	10,7	4,4
TE	DI-Limoneno	ND	1,9	3,2	3,0	4,3	2,7	4,6	3,9	10,6	1,8	ND	3,4
AL	Undecano	ND	0,6	4,0	2,9	4,8	2,2	7,1	2,3	0,9	1,7	5,8	1,5
AR	Naftaleno	ND	0,1	1,4	0,9	1,6	0,7	2,6	0,8	0,5	1,9	2,3	0,7
	COV's Totais	316,3	18,3	1244,2	116,3	1349,2	106	698	178,3	345,2	51,1	625,9	51,4

ABREVIATURAS: E1: Externo - ponto alto; E2: Dormitório da Saúde; E3: Dormitório da Pol. Fed; E4: VARIG; E5: Check-in; E6: Externo - ponto baixo; ND: Não Detectado; AL:Alifático; AR: Aromático; OX: Oxigenado; TE: Terpeno; In: Inverno; Ver: Verão

TABELA XVI-2: Compostos Orgânicos Voláteis identificados durante o Inverno de 1998 e Verão de 1999, expresso em ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ar) Amostragem entre 12:00 - 17:00 horas

CLASSE	COV's	E1		E2		E3		E4		E5		E6	
		Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver*
AL	Hexano	7,4	2,1	152,4	0,7	ND	4,1	124,1	3,0	5,7	0,8	16,1	0,8
OX	Acetato de Metila	15,0	2,5	99,6	5,4	219,4	4,7	83,3	2,6	6,0	1,5	292,4	5,6
AL	Metil ciclo pentano	3,7	ND	19,1	2,3	48,5	1,9	6,2	2,1	9,0	0,5	9,9	5,9
AR	Benzeno	1,6	1,3	9,5	3,5	5,8	1,9	4,5	1,7	10,1	0,3	1,3	4,2
AL	2,2,4,4,6-pentametil heptano	0,3	ND	61,3	0,9	2,6	0,3	8,2	0,4	15,4	ND	21,4	1,1
AL	Heptano	3,4	ND	47,9	71,0	15,0	2,3	9,9	2,2	23,1	0,4	2,8	6,5
AR	Tolueno	56,2	1,2	489,9	21,0	313,0	20,2	468,9	18,6	373,1	9,1	30,8	14,0
AL	2,4-dimetil heptano	ND	ND	6,8	ND	6,6	ND	3,1	ND	13,6	ND	ND	ND
AR	Etilbenzeno	4,9	ND	4,9	4,0	9,7	2,9	4,8	3,0	3,9	1,0	14,9	0,9
AR	Xileno	2,7	1,0	9,0	3,3	14,7	1,9	5,7	4,4	6,3	1,8	21,1	4,5
AL	Nonano	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	ND	ND	ND	ND	0,5	7,1
AR	Estireno	ND	ND	4,0	ND	ND	ND	ND	ND	0,8	0,4	ND	ND
OX	2-propenal/2-pentanal	ND	ND	0,6	0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,9	ND
OX	2-metil-1-pentanol	ND	ND	0,8	ND	ND	ND	ND	0,5	ND	ND	1,8	ND
AL	Decano	1,4	ND	5,5	3,1	1,9	ND	0,6	3,0	ND	1,4	11,7	1,8
TE	DI-Limoneno	ND	ND	2,5	1,8	3,1	ND	2,0	0,7	1,6	0,7	0,8	0,9
AL	Undecano	ND	ND	4,0	2,1	2,9	ND	5,3	3,0	3,3	ND	9,2	3,5
AR	Naftaleno	ND	ND	1,9	1,5	1,6	ND	3,8	4,2	2,2	ND	0,6	1,8
	COV's Totais	96,6	8,1	919,7	120,7	644,8	40,4	730,4	49,4	474,1	17,9	436,2	58,6

\*So estão calculadas as concentrações de Carvão ativado as amostras de XAD foram perdidas.

ABREVIATURAS: E1: Externo - ponto alto; E2: Dormitório da Saúde; E3: Dormitório da Pol. Fed; E4: VARIG; E5: Check-in; E6: Externo - ponto baixo; ND: não detectado; AL:Alifático; AR: Aromático; OX: Oxigenado; TE: Terpeno; In: Inverno; Ver: Verão

TABELA XVI-3: Compostos Orgânicos Voláteis identificados durante o Inverno de 1998 e Verão de 1999, expresso em ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ar) Amostragem entre 17:00 - 22:00 horas.

CLASSE	COV's	E1		E2		E3		E4		E5		E6	
		Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
AL	Hexano	565,4	0,4	78,1	5,5	ND	1,1	13,3	1,2	129,7	1,7	ND	1,3
OX	Acetato de Metila	141,3	1,5	94,4	1,5	399,0	3,0	10,8	2,3	72,8	0,8	5,1	2,9
AL	Metil ciclo pentano	13,5	1,0	20,2	4,0	76,0	3,4	8,2	2,2	17,4	0,8	5,1	3,1
AR	Benzeno	1,6	0,4	2,3	3,2	3,7	4,2	2,9	1,1	2,9	0,5	0,8	1,7
AL	2,2,4,4,6-pentametil heptano	35,7	0,1	46,1	3,6	55,7	ND	2,4	0,4	27,8	ND	0,4	ND
AL	Heptano	1,0	ND	4,9	4,5	6,7	ND	6,6	1,9	6,4	0,8	ND	2,8
AR	Tolueno	1096,3	2,9	724,0	28,9	2243,6	21,3	50,6	16,3	424,8	9,7	843,1	8,9
AL	2,4-dimetil heptano	ND	ND	2,3	ND	2,9	ND	ND	ND	4,7	ND	ND	ND
AR	Etilbenzeno	9,7	0,5	5,1	3,7	9,9	3,3	5,2	5,4	5,2	1,2	34,3	3,0
AR	Xileno	7,5	1,1	6,5	2,8	19,3	4,6	9,4	6,1	10,9	2,3	11,7	2,3
AL	Nonano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	1,3	ND	0,4	ND	0,3
AR	Estireno	3,7	ND	ND	0,5	2,5	ND	1,0	ND	ND	ND	ND	0,2
OX	2-propenal/2-pentanal	ND	ND	0,3	ND	0,4	ND	0,7	ND	0,3	ND	ND	ND
OX	2-metil-1-pentanol	ND	ND	ND	0,4	ND	ND	0,7	ND	ND	0,3	ND	0,8
AL	Decano	1,0	0,8	5,1	3,1	ND	2,0	6,6	6,3	7,8	2,3	1,9	3,7
TE	dl-Limoneno	ND	ND	1,0	2,8	0,7	0,9	1,8	3,6	0,8	2,5	0,6	0,3
AL	Undecano	0,7	1,3	0,8	1,4	2,0	1,3	0,9	4,2	ND	0,8	0,5	1,8
AR	Naftaleno	0,4	ND	1,5	0,7	0,3	1,1	2,0	1,5	1,3	0,3	0,6	0,7
	COV's Totais	1877,8	10,0	992,6	66,6	2822,7	46,2	123,3	53,8	712,8	24,4	904,1	33,8

ABREVIATURAS: E1: Externo - ponto alto; E2: Dormitório da Saúde; E3: Dormitório da Pol. Fed; E4: VARIG; E5: Check-in; E6: Externo - ponto baixo; ND: não detectado; AL:Alifático; AR: Aromático; OX: Oxigenado; TE: Terpeno; In: Inverno; Ver: Verã



TABELA XVII: Concentração dos COV's nos pontos amostrados em diferentes horários ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Classe	Horário	E1		E2		E3		E4		E5		E6	
		Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
AL	7 - 12	131,4	2,0	284,4	25,5	273,0	12,5	291,4	16,2	49,3	13,4	403,8	21,0
	12 - 17	16,2	2,1	297,0	80,1	77,5	8,8	157,4	13,7	70,1	3,1	71,6	26,7
	17 - 22	617,3	3,6	157,5	22,1	143,3	7,8	38,2	17,5	193,8	6,8	7,9	13,0
AR	7 - 12	143,2	8,8	945,2	63,7	940,9	76,9	241,3	52,2	265,7	27,6	35,5	22,3
	12 - 17	65,4	3,5	519,2	33,3	344,8	26,9	487,7	31,9	396,4	12,6	68,7	25,4
	17 - 22	1119,2	4,9	739,4	39,8	2279,2	34,5	71,1	30,4	445,1	14,0	890,4	16,8
OX	7 - 12	41,7	5,6	11,4	24,1	126,0	13,9	160,7	106	19,6	8,3	186,6	4,7
	12 - 17	15,0	2,5	101,0	5,5	219,4	4,7	83,3	3,1	6,0	1,5	295,1	5,6
	17 - 22	141,3	1,5	94,7	1,9	402,4	3,0	12,2	2,3	73,1	1,1	ND	ND
TE	7 - 12	ND	ND	3,2	3,0	4,3	2,7	4,6	3,9	10,6	1,8	ND	ND
	12 - 17	ND	ND	2,5	1,8	3,1	ND	2,0	0,7	1,6	0,7	ND	ND
	17 - 22	ND	ND	1,0	2,8	0,7	0,9	1,8	3,6	0,8	2,5	ND	ND

AL: Alifáticos; AR: Aromáticos; OX: Oxigenados; TE: Terpenos; ND: Não Detectado.

TABELA XVIII: Concentrações de COV'sT ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de ar) encontradas nos diferentes pontos do Aeroporto estudado no inverno de 1998 e no verão de 1999.

Horário da amostragem	7:00 - 12:00 h		12:00 - 17:00 h		17:00 - 22:00 h	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Local/Estação						
Ponto Externo alto(E1)	316	16*	97* <sup>2</sup>	8* <sup>2</sup>	1878	10* <sup>2</sup>
Ponto Interno (E2)	1244* <sup>3</sup>	116	920	121	993	67
Ponto Interno (E3)	1344	106	645	40	2826	46
Ponto Interno (E4)	698* <sup>3</sup>	178* <sup>2</sup>	730	49* <sup>2</sup>	123* <sup>2</sup>	54* <sup>2</sup>
Ponto Interno (E5)	345	51	474	18* <sup>2</sup>	713	24* <sup>2</sup>
Ponto Externo baixo (E6)	626* <sup>3</sup>	48	435* <sup>3</sup>	58* <sup>2</sup>	903* <sup>3</sup>	33* <sup>2</sup>

\*A amostragem em XAD-2 referente a este ponto foi perdida, o resultado é referente a amostragem carvão ativado

\*<sup>2</sup> A amostragem em carvão ativado só foram detectados os compostos com Tempo de Retenção (T.R.) até 14.500, no XAD-2 a detecção foi normal..

\*<sup>3</sup>Todas as amostragens em Carvão ativado apresentaram um alto pico no T.R ao redor de 9.400 resultando em valores altos de concentração nas amostras estudadas.

## Variável Biológica - Fungos

Em um país tropical como o Brasil, a microbiota fúngica em biodispersão é muito variada e dependente do sítio geográfico e das variáveis físicas de umidade relativa do ar e temperatura.

Conforme descrito anteriormente, as determinações qualitativas e quantitativas de fungos presentes no ar interior e exterior do terminal aeroportuário, foram realizadas pela empresa CONTROLBIO. Os resultados foram analisados e classificados em: relativos, qualitativos e quantitativos, conforme o Padrão Referencial Brasileiro da Resolução ANVISA nº 176/2000, não tendo entretanto, sido detectado fungos patogênicos ou toxigênicos (vide padrão referencial no ANEXO VIII).

A maior dificuldade na amostragem de fungos viáveis em suspensão é a grande variedade, mesmo em curtos períodos de tempo (I.E.H., 1996). Um problema particular surge, já que a variação temporal das concentrações no ar é freqüentemente maior em magnitude do que as variações entre residências (FLANNINGAN *et al.*, 1994). Apesar desta dificuldade, as concentrações de fungos em ambiente interno, vem sendo relativamente bem estudada.

Apesar dos microorganismos presentes no ar serem encontrados em quase todos os tipos de ambiente, eles normalmente não apresentam um risco à saúde para indivíduos a eles expostos. Segundo SALVAGGIO *et al.*, 1993, KORSGAARD, 1983, PLATTS-MILLS, 1994), os microorganismos dispersos no ar poderão causar infecções, principalmente respiratórias, assim como alergias e reações tóxicas.

## Resultados Relativos

Nesta pesquisa, houve variação dos valores da relação interior/exterior (TABELA XIX), a mesma foi maior no mês de agosto, no ponto interno E2, quando os valores da contagem de fungos na relação Interior/Exterior chegaram a 2,5. No ponto E2 em todos os meses amostrados e nos pontos E3, E4 e E5, nos meses de agosto e outubro, apresentaram uma relação Interior/Exterior da contagem de fungos maior que 1, ou seja a contagem de fungos no ar interior foi maior que a do ar exterior.

Segundo SIQUEIRA *et al.* (1999), alguns pesquisadores afirmam, através de seus experimentos que a concentração de fungos encontrados no ar ambiental interior é tipicamente de 10% a 15% das concentrações encontradas no ar ambiental exterior, exceto em áreas circunvizinhas a um local de amplificação bacteriana. Outros, afirmam que ambientes interiores ventilados mecanicamente apresentam contagem de fungos menor que a metade dos níveis exteriores interior/exterior =  $\leq 0,5$ . Podendo entretanto, serem aceitos como normais

valores variados da relação interiores/exteriores, tais como  $\angle 0,85$ ,  $\angle 0,90$  ou  $\angle 1$ , em função do ambiente que está sendo avaliado e do sítio geográfico.

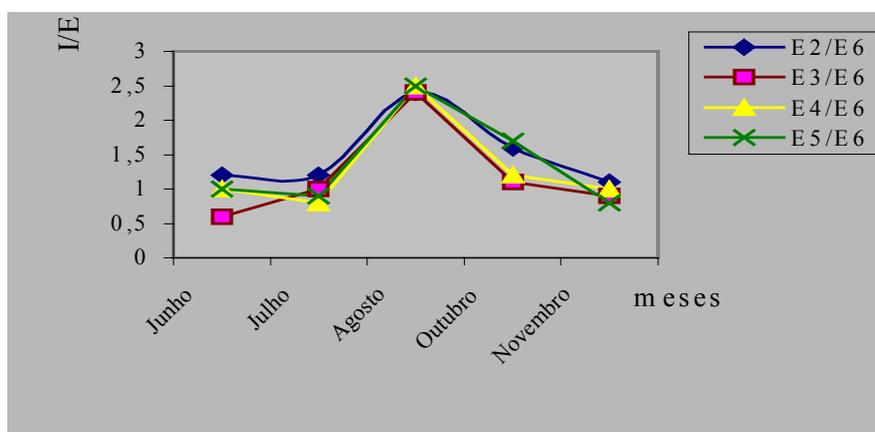
TABELA XIX: Correlação dos fungos totais viáveis no ar Interno/Externo nos diferentes meses amostrados

	Junho	julho	Agosto	Outubro	Novembro
E2/E6	1,2	1,2	2,4	1,6	1,1
E3/E6	0,6	1,0	2,4	1,1	0,9
E4/E6	1,0	0,8	2,5	1,2	1,0
E5/E6	1,0	0,9	2,5	1,7	0,8

MEDRUM *et al.* (1993), em estudos de residências nos E.U.A., sugeriram (baseados na razão interna/externa) que a infiltração do ar externo, em condições seladas, é responsável por cerca de 60% dos fungos presentes em ambientes fechados, excetuando os gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*.

O risco ocupacional em relação a variável biológica, ponto interno/externo está demonstrada no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1: Correlação dos fungos totais viáveis no ar Interno/Externo nos diferentes meses amostrados



## Resultados Qualitativos

Foram identificados 17 gêneros de fungos viáveis tanto no ar interno quanto externo do sítio aeroportuário, entre junho e novembro de 1999, em três estações do ano, excetuando o verão: *Aerobasidium pullulans*, *Aspergillus sp.*, *Aspergillus niger*, *Alternaria sp.*, *Candida sp.*, *Cladosporium sp.*, *Curvularia sp.*, *Epicoccum sp.*, *Helmintosporium sp.*, *Mycelia sterila*, *Neurospora sp.*, *Paecilomyces sp.*, *Penicillium sp.*, *Phoma sp.*, *Rhodotorula rubra*, *Trichoderma sp.*, *Verticillium sp.* (ANEXO IX).

A FIGURA 19, exemplifica vários tipos de colônias fúngicas encontradas por ocasião das amostragens efetuadas.



FIGURA 19: Fotos de colônias encontradas no ar do sítio amostrado

## Resultados Quantitativos

Neste trabalho de pesquisa, verificou-se que o comportamento das partículas biogênicas encontradas no ar interior e exterior do sítio amostrado em diferentes pontos em diferentes meses sofreu variação. Conforme descrito nas TABELAS XX e XXI, a média das concentrações de fungos totais viáveis foi expressa em (ufc/m<sup>3</sup>), onde ufc (unidade formadora de colônia) é a unidade que expressa uma partícula fúngica (esporo), foram maiores nos meses de junho, julho e agosto, quando as temperaturas no exterior do terminal variaram entre 20 e 21 °C, abaixo daquela encontrada no interior do terminal (23°C). A comparação entre as seis amostragens feita em cada ponto, tanto externo quanto interno, indicaram que no sítio E1 (externo ponto-alto), não houve muita variação do número total de unidades formadoras de colônia (ufc/ m<sup>3</sup> de ar); os valores variaram entre 350 ufc/ m<sup>3</sup> de ar no mês de novembro (primavera) e 471,4 ufc/ m<sup>3</sup> de ar no mês de junho (outono). O ponto E6 (externo - ponto baixo) teve a menor contagem 164,3 ufc/ m<sup>3</sup> de ar, no mês de agosto (inverno). O ponto E2 foi o que apresentou o maior número total de colônias 742,9 ufc/ m<sup>3</sup> de ar, no mês de junho, a contagem de colônias também foi alta neste sítio em relação aos outros sítios nos demais meses.

TABELA XX : Média da concentração de fungos totais viáveis em ufc/m<sup>3</sup> em diferentes pontos amostrados no interior do terminal, em diferentes meses.

	E2	E3	E4	E5	Média
Junho	742,9	378,6	621,4	621,4	591,1
Julho	557,1	450,0	371,4	442,9	455,3
Agosto	392,9	400,0	421,4	414,3	407,1
Outubro	521,4	364,3	392,9	550,0	457,1
Novembro	235,7	200,0	228,6	185,7	212,5
Média	490,0	359,0	407,0	443,0	

E2: Alojamento médico, E3: Alojamento da Polícia Federal, E4: VARIG, E5: Check-in

A variação das concentrações médias de fungos totais viáveis (ufc/m<sup>3</sup>) encontrados no ar interior e exterior, nos diferentes meses amostrados está demonstrado no GRÁFICO 2.

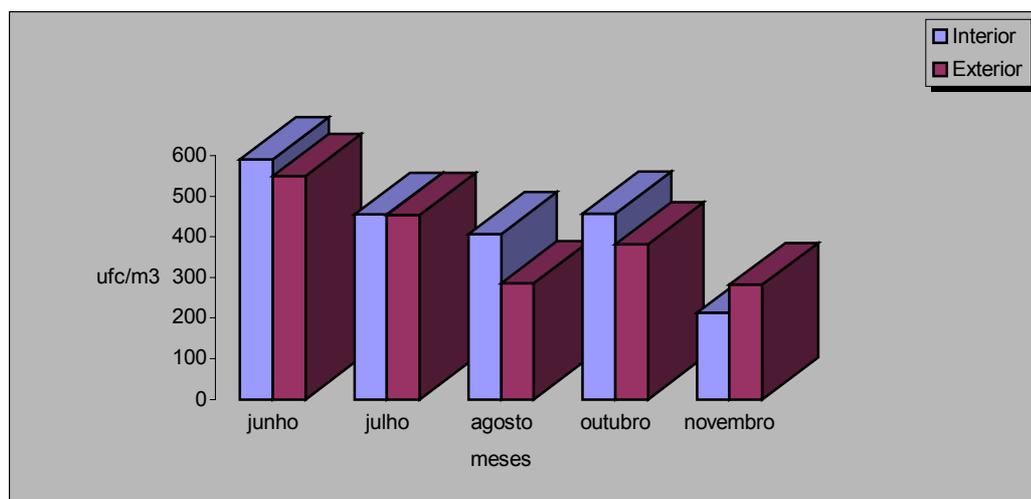
TABELA XXI: Média da concentração de fungos totais viáveis (ufc/m<sup>3</sup>), em diferentes pontos amostrados no ar exterior do terminal, em diferentes meses.

	E1	E6	Média
Junho	471,4	628,6	550,0
Julho	435,7	471,4	453,5
Agosto	407,1	164,3	285,7
Outubro	450,0	314,3	382,1
Novembro	350,0	214,3	282,1
Média	422,8	359,0	

E1: Ar externo – ponto alto ( tomada de ar externo), E6: Ar externo – ponto baixo ( ao nível da respiração humana – 1:60cm)

Os fungos viáveis foram encontrados em tempos distintos e em números variáveis. Certos gêneros estavam freqüentemente presentes em concentrações significativas. Dos fungos identificados, os predominantes tanto no ar interior quanto exterior foram *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Neurospora sp.* e *Penicillium sp.*

GRÁFICO 2: Variação das concentrações médias de fungos totais viáveis (ufc/m<sup>3</sup>) em diferentes meses amostrados – ar interior e Exterior.



A concentração média máxima do número de colônias de *Aspergillus sp.* foi de 89,2 ufc/m<sup>3</sup>, no ponto E3; de *Cladosporium sp.* foi de 244,6 ufc/m<sup>3</sup> no ponto E4; 371,4 ufc/m<sup>3</sup> de *Neurospora sp.* no ponto E6 e 262,9 ufc/m<sup>3</sup> de *Penicillium sp.* no ponto E5, conforme TABELAS XXII e XXIII No Brasil, o *Penicillium sp.* é um fungo mais prevalente em ambientes interiores e *Alternaria sp.* é um fungo mais prevalente em ambientes exteriores. (SIQUEIRA *et al.*, 1999).

TABELA XXII: Média dos Fungos mais prevalentes (ufc/m<sup>3</sup>) encontrados no Ar Interior do Terminal Aeroportuário

Fungos prevalentes	E2 (média)	E3 (média)	E4 (média)	E5 (média)
<i>Aspergillus sp.</i>	66,6	89,2	73,8	46,4
<i>Cladosporium sp.</i>	244,6	132,9	110,7	111,9
<i>Neurospora sp.</i>	264,3	257,1	-	-
<i>Penicillium sp.</i>	176,8	119,6	231,4	262,9

TABELA XXIII : Média dos Fungos mais prevalentes (ufc/m<sup>3</sup>) encontrados no Ar Exterior do Terminal Aeroportuário

Fungos prevalentes	E1 (média)	E6 (média)
<i>Aspergillus sp.</i>	-	59,5
<i>Cladosporium sp.</i>	-	161,9
<i>Neurospora sp.</i>	257,1	371,4
<i>Penicillium sp.</i>	137,1	135,7

Alguns gêneros de fungos apresentaram alta contagem, podendo ser um fator de risco a saúde nesses locais, devido as suas características alergênicas (ex: *Cladosporium*, *Aspergillus*) e patogênicas (*Aspergillus*) (HENDRY *et al.*, 1993; SAMSON *et al.*, 1994).

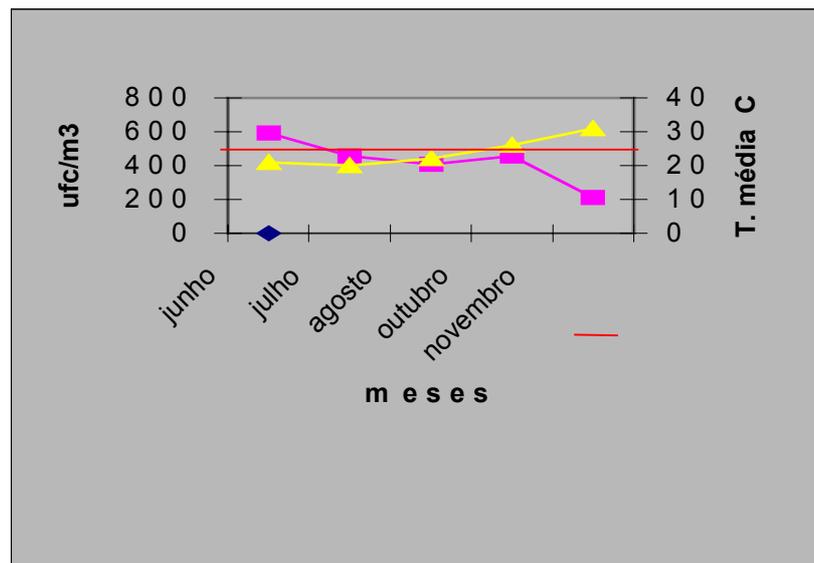
Na Inglaterra, PLATT *et al.*, (1989), analisaram a relação entre a contagem de esporos fúngicos e os sintomas apontados pelos residentes de 600 residências estudadas. Foram encontradas que o grande número de ufc/m<sup>3</sup> estavam associados com uma prevalência elevada de problemas respiratórios e febre em crianças, pressão alta e dificuldade de respiração em adultos. Também na Inglaterra, POTTER *et al.*,(1991), detectou respostas alérgicas a nove tipos de antígenos fúngicos, numa investigação efetuada em duzentos pacientes com doença alérgica respiratória. Na Suécia, WICKMAN *et al.*,(1992), encontrou que os fungos *Penicillium*, *Alternaria* e *Cladosporium* eram mais comuns em residências com crianças alérgicas.

Segundo LICORISH *et al.* (1985), a quantidade inalada de esporos, capaz de induzir um surto asmático em um indivíduo susceptível é de  $2,0 \times 10^4$  ufc/dia para *Alternaria sp.* e de  $7,0 \times 10^5$  ufc/dia para *Penicillium sp.*, As dimensões dos esporos são de 18 µm para *Alternaria sp.* (esporo considerado grande) e de 5 µm para *Penicillium sp.* (esporo considerado pequeno). O esporo do *Penicillium sp.* é uma partícula respirável profunda e por este motivo se caracteriza como um excelente marcador epidemiológico, pois os esporos de

menores dimensões, são capazes de induzir surtos asmáticos com uma quantidade maior de esporos, portanto, a necessidade do número de esporos a ser inalada é maior.

O mecanismo do processo de poluição biológica no interior do sítio amostrado está expresso no GRÁFICO 3.

GRÁFICO 3: Média das concentrações de fungos viáveis (ufc/m<sup>3</sup>) encontrados nos pontos internos amostrados, em diferentes meses, a diferentes temperaturas externas  
Obs: Umidade Relativa do Ar no Interior do Terminal = 22%, Temperatura do ar no interior do Terminal = 23 °C



Foi observado que nos meses de junho, julho e agosto, as temperaturas do exterior do sítio amostrado foram mais baixas do que do ambiente interior, ocorrendo o "efeito estufa", onde a maioria dos poluentes ficam distribuídos mais próximos ao solo, não tendo sido observado o "efeito de dissipação" dos poluentes. Por terem sido estes os meses mais frios amostrados, talvez tenha ocorrido no interior do ambiente amostrado o chamado "efeito amplificador" que promoveu o processo de acúmulo dos poluentes no interior do terminal.

Segundo SIQUEIRA *et al.*(1999), autoridades sanitárias e pesquisadores científicos em todo o mundo tem demonstrado preocupação em relação aos padrões normativos para a qualidade do ar de ambientes interiores, várias propostas vêm sendo elaboradas dentre elas as de RAO *et al.* (1996), onde são apresentadas trinta e duas propostas de Padrões Normativos, dos mais variados sítios geográficos do mundo.

Algumas dificuldades são observadas quando comparamos ambientes interiores com exposições ocupacionais e não-ocupacionais, pois os picos de concentração em ambientes

interiores são usualmente mais pronunciados que aquelas concentrações observadas no exterior, embora alguns ambientes possuam concentrações idênticas de partículas biológicas, quando comparados ambientes interiores e exteriores. As exposições ocupacionais em ambientes interiores são de menor duração que as exposições não-ocupacionais, pois as populações de ambientes interiores sempre são vulneráveis, chegam a utilizar estes ambientes em pelo menos 85% de sua vida útil, sendo especialmente mais susceptíveis. (SIQUEIRA *et al.*, 1999)

No Brasil não existe até o presente momento, nenhuma legislação referente a exposição de agentes biológicos. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 1988), após reunião de um "committe expert" determinou que os padrões referenciais aceitos por este organismo de Saúde Pública seriam: mais que 50 ufc/m<sup>3</sup> ar de fungos de espécies típicas de interiores deve ter imediata investigação se estiver presente apenas uma espécie pois são um fator de risco significativo para irritações nos olhos e sintomas respiratórios. Valores de até 150 ufc/m<sup>3</sup> de fungos totais de ambientes interiores devem ser considerados aceitáveis. Até 500 ufc/m<sup>3</sup> de fungos de fontes interiores devem ser considerados aceitáveis se as espécies presentes forem primariamente *Cladosporium sp.* ou outros fungos comuns fitoplanos; altas contagens devem ser investigadas para assegurar a não existência de fontes internas.

O Directorate Federal -Provincial Committe on Environmental and Occupational Health (1995), de Ottawa , Ontario - Canadá, adotou com como padrão de referencia para Saúde Ocupacional os seguintes valores: mais que 50 ufc/m<sup>3</sup> pode ser uma razão de preocupação se houver somente uma espécie diferente de *Cladosporium sp.* ou *Alternaria sp.* Outras investigações são necessárias. Até 150 ufc/m<sup>3</sup> é aceitável se houver uma mistura de espécies similares aos esporos do ar externo. Até 300 ufc/ m<sup>3</sup> pode ser considerado aceitável se as espécies presentes forem primariamente *Cladosporium sp* ou outros fungos comuns fitoplanos. Até 500 ufc/m<sup>3</sup> é aceitável no verão se as espécies presentes são primariamente *Cladosporium* ou outros fungos fitofílicos (SIQUEIRA *et al.*, 1999).

O Brasil adotou através da Resolução n° 176/00, da ANVISA, com Padrão de Referência de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de uso público e coletivo, o Valor Máximo Recomendável para contaminação microbiológica é de 750 ufc/m<sup>3</sup> de fungos. Para a relação I/E de 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior. Quando este valor for ultrapassado é necessário fazer um diagnóstico de fontes para intervenção corretiva.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho servem como início para futuras pesquisas da qualidade do ar de ambientes interiores em Terminais Aeroportuários e outros ambientes públicos e coletivos. Espera-se que constitua o início de uma avaliação sistemática da qualidade do ar em ambientes interiores, através de avaliações periódicas, pelas autoridades sanitárias competentes. Os trabalhadores seriam os mais favorecidos, pois haveria uma diminuição do número de reclamações de desconforto e de absenteísmo ao trabalho.

A metodologia aplicada neste estudo foi validada. Através dos resultados encontrados quer no estudo epidemiológico quanto nas avaliações físicas, químicas e microbiológicas (fungos) conseguiu-se avaliar a qualidade do ar no sítio escolhido. Esperamos que este trabalho venha contribuir na escolha de metodologia para avaliação da qualidade do ar em ambientes com características iguais ou semelhantes ao avaliado.

O resultado do estudo epidemiológico, efetuado através da administração de questionário específico, serviu como ponto de partida para a identificação das áreas onde a qualidade do ar deveria ser avaliada e, para a avaliação dos sintomas de saúde e conforto referidos pelos trabalhadores em relação ao seu ambiente de trabalho. Cerca de 50% dos trabalhadores entrevistados reportaram sinais e sintomas compatíveis com a contaminação interna dos ambientes de trabalho. Os principais sintomas foram: secura nos olhos (42%), coriza (47%), pele seca (51%), coceira ou lacrimejamento dos olhos (56%), secura na garganta (58%), nariz entupido (67%), letargia (67%), dor de cabeça (60%). Sintomas estes, típicos daqueles advindos da Síndrome do Edifício Doente e da Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla.

O limite máximo de exposição brasileiro (CONAMA) para Matéria Particulada Total (MPT), no ar ambiental exterior e o Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente para aerodispersóides totais no ar, visando conforto e bem-estar recomendado pela Resolução nº 176/00, da ANVISA, são de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A amostragem realizada no ponto externo baixo - E6, entre 7:00-12:00 horas, e nos pontos internos E2, E3, E4 e E5 entre 17:00-22:00 horas, ultrapassaram estes limites, tanto nas amostragens ocorridas no inverno quanto no verão. As causas prováveis para estas concentrações no ar ambiental exterior seria devido a coleta de amostra ter sido feita na pista interna do aeroporto no horário de grande movimentação de veículos automotores e aeronaves

e, no ar ambiental interior seria indicador da baixa taxa de renovação do ar externo no interior do recinto bem como o aumento das emissões de aerodispersóides por fontes no interior do Terminal.

Houve uma variação muito grande nas concentrações de formaldeído e acetaldeído nos diferentes pontos amostrados, porém, em nenhum caso a concentração de formaldeído excedeu o limite de tolerância estabelecido pela NR-15. Os valores encontrados demonstram que em ambientes interiores, os revestimentos, as atividades humanas, dentre elas o uso de cigarro em ambiente fechado, e a presença de produtos de exaustão provenientes de veículos, seriam umas das principais fontes de propagação.

As concentrações das substâncias químicas, encontradas nos sítios amostrados, com exceção do benzeno, em nenhum momento excederam aos Limites de Tolerância (ANEXO X), ditados por alguns órgãos internacionais e pelo Ministério do Trabalho Brasileiro, para hidrocarbonetos alifáticos, e aromáticos. Apesar do metabolismo do benzeno e o mecanismo pelo qual ele atua induzindo desordens hematológicas serem bem conhecidos, até o momento existem controvérsias quanto ao limite de exposição que considere um risco aceitável.

Os resultados obtidos, demonstraram que o nível de exposição a compostos orgânicos voláteis (COV's), foi inferior ao estabelecido pelas legislações internacionais, para ambientes industriais. Apesar de apresentarem concentrações abaixo dos limites citados anteriormente, provavelmente, os COV's venham a agir como irritantes, contribuindo para os efeitos adversos citados pelos trabalhadores questionados, sensíveis a determinado(s) componente(s) presente no ar. Porém, até o momento não existe nenhum conhecimento necessário nem legislação disponível para criar um critério que evite a ocorrência dos sintomas.

Alguns gêneros de fungos apresentaram alta contagem, podendo ser um fator de risco à saúde, devido as suas características alergênicas (ex: *Cladosporium*, *Aspergillus*) e patogênicas (*Aspergillus*). A contagem total de fungos encontrada nesse trabalho foi usualmente menor que o Padrão Referencial para Fungos recomendado pela Resolução nº 176/00 ANVISA/MS, para ambientes interiores público e coletivos.

Uma das prováveis causas da presença dos contaminantes encontrados na pesquisa realizada, ocorreu devido a baixa troca do ar interno com o ar externo, nos sistemas aclimatados artificialmente, tanto no inverno quanto no verão. Um aumento da percentagem de troca do ar nestes sistemas seria altamente benéfica para a saúde dos ocupantes do sítio aeroportuário. Outra causa poderia ser a ineficácia do tratamento de limpeza dos filtros de carvão ativado, que compõem os condicionadores de ar do Terminal.

Todos os contaminantes avaliados neste trabalho são responsáveis por inúmeros efeitos prejudiciais à saúde. Contudo, existe uma considerável incerteza relacionada ao

período de exposição e a concentração a partir da quais podem ocasionar problemas de saúde. Por tratar-se de um caso de exposição múltipla, não podendo se desprezar eventuais efeitos aditivos/sinérgicos e também a predisposição genética de cada indivíduo (Sensibilidade Química Múltipla) capaz de desencadear os sintomas/sinais reportados.

Esperamos que os resultados apresentados sejam apenas o início de uma série de pesquisas a serem realizadas sobre a qualidade do ar de interiores. Inúmeras lacunas existem para serem preenchidas. Dentre os assuntos que merecem atenção futura sugerimos:

- A adoção dos Padrões de Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliar e corrigir as situações encontradas e as possíveis fontes de poluentes biológicos e químicos;
- Divulgação junto a população em geral, principalmente, entre os trabalhadores expostos, os resultados destas medições periódicas bem como os níveis de poluentes químicos e biológicos que constituam fatores de risco a Saúde Pública;
- Instrumentalização de técnicos e responsáveis quanto a tomada de decisão na intervenção de ambientes interiores, quando as concentrações dos poluentes químicos / físicos / biológicos, ultrapasassem os valores estabelecidos.
- Implantação de procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, que tenham uma permanência prolongada nestes ambientes quando da adoção dos parâmetros qualitativos e quantitativos da Qualidade do Ar de Ambientes Interiores, assim como a correta tomada de decisão quanto a intervenção, em relação a Sistemas de Ar Condicionado.
- Desenvolvimento de técnicas de análise a custo reduzido, eficientes, rápidas e capazes de determinar um grande número de contaminantes de ambientes interiores, quer eles sejam químicos, físicos ou biológicos. Em geral, as técnicas utilizadas para esta finalidade são sofisticadas, caras e muito demoradas.
- Realização de testes de toxicidade em um número maior de substâncias químicas utilizadas pela sociedade moderna, para que seja definida a sua inocuidade, sem isto não se pode prever o verdadeiro perigo acarretado pela exposição diária e contínua dos poluentes presentes no ar de ambientes interiores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AAS, K.; LEEGAARD, J.; AUKRUST, L.; GRIMMER, O. (1980). Immediate type hypersensitivity to common moulds. Allergy, v. 35,p.443-451.**

**ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS ). (1989). Guidelines for Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. Cincinnati, Ohio, USA.**

**ACGIH. (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS).(1999). Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment. p. 1-77.**

**ANDERSON, I.; LUNDQUIST, G. R.; MOLHAVE, L. (1975). Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material. Atmospheric environment. 9. p. 1121-1127.**

**ARASHIDANI, K.; YOSHIKAWA, M.; KAWAMOTO, T.; MATSUNO, K.; KAYAMA, F.; KODAMA, Y. (1996). Indoor air pollution from heating. Industrial Health. v. 34 (3). p. 205-215.**

**ASHLEY D. L.; PRAH, J. D. (1997). time dependence of blood concentrations during and after exposure to a mixture of volatile organic compounds. Arch. Environ. Health, v.52 (1). P. 26-33.**

**AYARS, G. H. (1997). Biological agents and indoor air pollution. In: Bardana, E. J.; Montanaro, A. (Eds.). Indoor Air Pollution and Health. Maarcel Dekker. New York. p.11-60.**

**BAEK, S.O; KIM, Y.S. E GEE, I. (1996). Estimation of ETS contribution to RSP in indoor smoking environments. In: The 7<sup>th</sup> International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Nagoya. Proceedings of, Toquio, Japan . v. 1, p. 483-488.**

**BARDANA, E. J. (1997). Sick building syndrome: a wolf in sheep's clothing. Ann. Allergy Asthma Immunol. v. 79 (4). p 283-93.**

**BASTRESS, E. K.( 1973). Impact of aircraft exhaust emissions at airports. Environ. Sci. Technol. v.7. (9). p811-16.**

**BERGLUND, B.; BRUNEKREEF, B.; KNOPPEL, H.; LINDVALL, T.; MARONI, M.; MOLHAVE, L. ; SKOV, P. (1992). Effects of indoor air pollution on human health. Indoor Air. v. 2 (1). p. 2-25.**

**BESONSSAN, E.; GOMES, V. B.; ALBIERI, S.; MOURA, A. L. F. (1988). Saúde Ocupacional. Rio de Janeiro. Ed. Cultura Médica Ltda. p.2**

**BJURMAN, J.; KRISTENSSON, J. (1992). Volatile production by *Aspergillus versicolor* as a possible cause of odor in houses affected by fungi. Mycopatologia, v.118, p. 173-178.**

**BORJESSON, T.; STOLLMAN, U. ADAMEK, P.; KASPERSSON, A. (1989). Analysis of volatile compounds for detection of molds in stored cereals. Cereal Chem., v. 66, p. 300-304.**

**BRAVO, A. H.; AYANEGUI, J.; SIGLER, A. E.; MANGANA, R.; LOWE, A. C.(1978). Mexico City International Airport. As source of environmental pollution. Proc. Annu. Meet.- Air Pollut. Control Assoc. v. 71. p13 pp.**

**BRUNNEMANN, K. D.; KAGAN, M. R.; COX, J. E.; HOFFMANN, D. (1989). Determination of Benzene, Toluene and 1,3 Butadiene in cigarette smoke by GC-MSD. Exp. Pathol. V. 37. P.108-113.**

**BRIMBLECOMBE, P. (1990). The composition of museum atmospheres. Atmospheric Environment, v. 24B, n°1; p. 1-8.**

**BRUBAKER, K. L.; DAVE, M.; WINGENDER, R. J.; FLOTARD, R. D. (1985). Impact of aircraft emissions on air quality in the vicinity of airports. Volume 4. Nitrogen dioxide and hydrocarbons. Technical Report; Report 84 p.158.**

**BUDD, T.W. (1986).Allergens of *Alternaria*. Grana v. 25,p. 147-154.**

**BURREL, R. (1991). Microbiological agents as health risks in indoor air. Environmental Health Perspectives 95 (11). P. 29-34.**

**BURTON, B. T. (1997). Volatile Organic Compounds. In: Bardana, E. J., Montanaro, A. (Eds). Indoor air Pollution and Health. Marcel Dekker, New York. p. 127-153.**

**CAILLEUX, A., BOUCHARA, J.P., DANIEL, V., CHABASSE, D., ALLAIN, P. (1992).Gas chromatography-mass spectrometry analysis of volatile organic compounds produced by some micromycetes. Chromatography, v. 34, p.613-617.**

**CHAN,C.C.; YANAGISAWA, Y.; SPENGLER, J. D. (1990). Personal and indoor/outdoor nitrogen dioxide exposure assessment of 23 homes in Tawan.Toxicology and Industrial Health. v. 6 (1).p. 173-182.**

**CHEVRON CANADÁ LTDA. (1990). Material Safety Data.**

**CIRILLO, RICHARD R.; TSCHANZ, J. F.; CAMAIONI, J. E. (1975). Airport vicinity air pollution study. Impact of modified aircraft taxi procedures on airport air quality. TECHNICAL REPORT. U. S. NTIS, AD-A Rep. p 185pp.**

**CLARK, A. I.; TSANI-BAZACA, E.; McINTYRE, A. E. ; LESTER, J. N.; PERRY, R. (1986). Air pollution associated with airports: a case study. Environ. Technol. Lett. v. 7, p. 221-38.**

**CLARK, A. I.; McIntyre, A. E.;LESTER, JOHN N.; PERRY ROGER.** (1985). **Air quality impact assessment at an airport.** Environ. Monit. Assess. v. 9 p.1-27.

**CLARK, A. I.; McINTYRE, A. E.; LESTER, J. N.; PERRY, R.** (1983). **Air quality measurement in the vicinity of airports.** Environ. Pollut. n° 4.v. 6. P. 245-61.

**CLAYTON, C. A; PERRITT, R. L.; THOMAS, K. W.; WHITMORE, R. W.; OZKAYNAK, H.; SPENGLER, J. D.; WALLACE, L. A.**(1993).**Particles total exposure assessment methodology (UPTEAM) study: distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a Southern California community.** Zzzjournal of Exposure Analysis and environmental Epidemiology. 3 (2). P. 227-250.

**COHEN, B. S.** (1998). **Deposition of charged particles on lung airways.** Health Physics v.74 (5). p. 554-560.

**CONNER, J.M.; OLDAKER III,G.B; MURPHY, J.J.** (1990). **Method for assessing the contribution of environmental tabaco smoke to respirable suspended particles in indoor environments.** Envir. Techn. v.11, p. 189-196.

**COPPOCK, J.B. COOKSON, E.D.** (1951). **The effect of humidity on mould growth on construction materials.** J. Sci. Food Agric., v. 2, p. 534-537.

**COSTA, F.** (1998). **Estudo comparativo da Síndrome do Edificio Doente entre trabalhadores de ambiente aclimatado artificialmente e com ventilação natural.** Tese de Mestrado, Universidade Estácio de Sá . R.J. 103 pg.

**COULTAS, D. B.; LAMBERT, W. E.** (1991). **Carbon monoxide.** In **SANET, J.M.; SPENGLER, J. D. (Eds)Indoor Air Pollution: A Health Perspective.** Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. p. 187-208.

**CUSTOVIC, A.; FLETCHER, A.; PICKERING, C. A.** (1998).**Domestic allergens in public places III: house dust mite, cat and cockroach allergens in British Hospitals.**Clinical experimental Allergy. 28 (1). P.53-59.

**D'AMATO, G.; LICCARDI, G.; D'AMATO, M.** (1994).**Environment and the development of respiratory allergy. II- Indoors.** Monaldi Archive of Chest Disorders. v.49 (5). P. 412-420.

**DAHMS R.** (1990).**Environmental Chemistry.** Laboratory of Analytical Chemistry. State University of Ghent. p. 58.

**DANIELS, A.; BACH, W.** (1976).**Simulation of the environmental impact of an airport on the surrounding air quality.** J. Air pollution Control Assoc. v. 26. N° 4, p 339-44.

**DAVIES, R.J.; SHEINMANN, B.D. (1986). Smoking and atmospheric pollution. J. Allergy Clin.Immunol. v.78, p. 1031-1035.**

**DESCHOW, M.; SOHN, H.; STEINHANSES, J. (1997). Concentrations of selected contaminants in cabin air of airbus aircrafts. Chemosphere. V. 35 (1-2) p. 21-31.**

**DIRECTORATE FEDERAL-PROVINCIAL COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH. (1995). Fungal contamination in public building: A guide to recognition and management. Environmental Health. Ottawa, Ontario, Canada.**

**DOLL, R.; PETO, J. (1985). Asbestos: Effects on Health of Exposure to Asbestos. H. M. Stationary Office, London.**

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, (1991). Indoor Air Quality and Work Environment Study - Library of Congress Madison Building, National Institute of Standards and Technology, Westat p. 129-210.**

**EXTRA. (1999). A 'Gripe' do ar condicionado pode até matar. Extra. 03/03/99. p. 12**

**EZEONU, I.M.; PRICE, D.L.; SIMMONS, R.B.; CROW, S.A.; AHEARN, D.G. (1994). Fungal production of volatile during growth on fiberglass. Appl. Environ. Microbiol., v. 60, p. 4172-4173.**

**FLANNIGNAN,B.; MCCABE, E.M.; MC GARRY, F. (1991). Allergenic and toxigenic microorganisms in houses. J. Appl. Bacteriol. (Symp. Supplem.), v.70, p. 61s-73s.**

**FLANNIGNAN,B.; MILLER, J. D. (1994).Health implications of fungi in indoor environments - an overview. In: Sampson, R. A.; Verhoeff, A. P.: Flannigan, M. E.; Adan, O.; Hoekstra, E. (Eds.). Health implications of fungi in Indoor Environments. Elsevier,Amsterdan.**

**FRAMPTON, M. W.; MORROW, P. E.; COX, C. ; GIBB, F. R.; SPEERS, D. M.; UTELL, M.J. (1991). Effects of nitrogen dioxide exposure on pulmonary function and airway reactivity in normal humans. American Review of Respiratory disorders. V. 143 (3). p. 522-527.**

**FURTAW, E. J., PANDIAN, M. D., NELSON, D, R., BEHAR, J. V. (1996). Modeling indoor air concentrations near emissions sources in imperfectly mixed rooms. Journal of the Air and Waste Management Association. v.46 (9), p. 861-868.**

**GALVÃO, S. (1996, 23 de junho).Ruído ambiental pode danificar audição. O Estado de São Paulo, Caderno Saúde, p.A30.**

**GOLD, D. R.(1992). Indoor air pollution. Clinics in Chest Medicine v. 13 (2). p. 215-229.**

**GOODMAN & GILMAN (1996).** *As Bases farmacológicas da Terapêutica.* Ed. McGraw Hill. 9<sup>a</sup> Ed. P. 1240-1257.

**GRAVESEN, S. ( 1979).** *Fungi as a cause of allergic disease.* Allergy, v. 34, p.135-154.

**GREENBERG, M. M. (1997).** *The central nervous system and exposure to toluene: a risk characterization.* Environ. Res. v. 72 (1).p. 1-7.

**GREENBERG, CHARLES M. (1978).** *Air quality in the vicinity of airports.* TECHNICAL REPORT. U.S. Fed. Aviat. Adm. Off. Environ. Energy. n° FAA-EE-78-26, p 20-6.

**GROES, L.; PEJTERSEN, J.; VALBJORN, O. (1996).** *Perceptions and symptoms as a function of indoor environmental factors and building characteristics in office buildings.* In: Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality and Climate. v. 4. Nagoya, Japan. p. 237-242.

**HEDGE, A.; ERICKSON, W. A.; RUBIN, G. (1992).** *Effects of personal and occupational factors on sick building syndrome reports in air-conditioned offices.* In: quick, j. c.; Murphy, L. R.; Hurrell. J. J. (Eds.). *Work and well being: Assessment and Interventions for Occupational Mental Health.* American Psychological Association. Washington D.C. p. 286-298.

**HELMIG, D.; AREY, J. (1991).** *Analytical chemistry of airborne nitrofluorenes.* Intern. J. Environ. Anal. Chem., v.43,p.219-233.

**HEMPEL, J. A.; KJAERGAARD, S. K.; MOLHAVE L. (1997).** *Integration in human eye irritation.* Int. Arch. Occup. Environm. Health. V. 69 (4). P. 289-94.

**HENDRY, K. M.; COLE, E. C. (1993).** *A review of micotoxins in indoor air.* Journal of Toxicology and Environmental Health v. 38(2). P. 183-198.

**HINES, A. L.; GHOSH, T. K.; LOYALKA, S. K.; WARDER, R. C. (Eds.) (1993).** *Indoor Air-Quality and Control.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

**HOGSON, M. J.; FROHLINGER, J.; PERMAR, E.; TIDWELL, C.; TRAVEN, N.D.; OLENCHOCK, S.A.; KARPFF, M. (1991).** *Symptoms and micro-environmental measures in non-problem buildings.* Journal of Occupational Medicine. v. 33 (4). P. 527-33.

**HOWDEN-CHAPMAN, P.; ISAACS, N.; CRANE, J.;CHAPMAN, R. (1996).** *Housing and health: the relationship between research and policy.* International Journal of Environmental Health Research. V. 6(2). P. 173-185.

**HUNTER, C. A.; HULL, A. V.; HIGHAM, D. F.; GRIMES, C. P.; LEA, R. G. (1996).** *Fungi and Bacteria.* In: **Berry, R. W.; Brown, V. M.; Coward, S. K. D. et al (Eds.)** *Indoor Air Quality in Homes, the Building Research Establishment Indoor Environment Study, Part 1.* Construction Research Communications, London.

**I.E.H. (Institute for Environmental and Health). (1996). IEH assessment on indoor air quality in the home.** Institute for Environment and Health, Leischester, UK.

**JANERICH, D.T.; THOMPSON, W. D.; VARELA, L. R.(1990).Lung cancer and exposure to tabaco smoke in the household.** New England Journal of Medicinev.323(10). p. 632-636.

**JANSSEN, N. A.; HOEK, G.; BRUNEKREEF, B.; HARSSEMA, H.; MENSINK, I.; ZUIDHOF, A.(1998).Personal sampling of particles in adults: relation among personal, indoor and outdoor air concentrations.**American Journal of Epidemiology v. 147 (6). p. 537-547.

**JONES, A. P. (1997). The main causative factors of asthma, available information on population exposure to those factors, and current measures of control. In : Asthma in Europe.** European federation of Asthma and Allergy Associations, Holland, p. 207-301.

**JONES,A. P. (1998). Asthma and domestic air quality.** Social Science and Medicine v. 47 (6). p. 755-764.

**JONES, A. P. (1999). Indoor air quality and Health.** Atmospheric Environment. v. 33. p. 4535-4564.

**JEDRICHOWSKI, W.; FLAK, E.; WESOLOWSKI, J.; LIU, K. S. (1995). Relation between residential radon concentration and housing characteristics. The Cracow Study.** Central European Journal of Public Health v. 3 (3). p. 150-160.

**JORNAL DO BRASIL. (1999). Ar condicionado é vilão da saúde.** Jornal do Brasil.24/10/99. Segundo caderno p. 4.

**KALINER, M. A.; WHITE, M. V. (1994). Asthma: causes and treatment.** Complimentary Therapy. 20 (11). P.645-650.

**KALRA, S.; OWEN, S, J.; HEPWORTH, J.; WOODCOCK, A.(1990). Airborne house dust mite antigen after vacuum cleaning (Letters).** LANCET 336 (8712). p. 449.

**KEATING, G. A; MCKONE, T. E., GILLETT, J.W. (1997). Measured and estimated air concentrations of chloroform in showers: Effect of water temperature and aerosols.** Atm. Environ. V.31, p. 123-130.

**KEDDIA, A. W. C.; PARKER, J.; ROBERTS, G. H. ( 1973). Relative air pollution emissions from an airport in the UK and neighboring urban areas.** AGARD Conf. Proc. v.125.p 9/1-9/9. Warren Spring Lab. Stevenage.

**KERBEL, W. (1995). Indoor Air Quality: Taking a second look at blueprints.** Occupational Health & Safety, 64 (1), p. 47-72.

**KIVIMAKI, M. (1996). Stress and Personality Factors. In: Specifications of the Role Test Anxiety, Private Self-Consciousness, Type A Behavior Pattern, and Self-Esteem in**

**Relationship Between Stressors and Stress Reactions.** Finnish Institute of Occupational Medicine, Helsinki.

**KLAASSEN C.D.** (1996). **Casarett & Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons.** McGraw-Hill. p. 447-448, 857-882.

**KNAVE, B. PERSSON, H. E.; GOLDBERG, J.; M.; WESTERHOLM.** (1976). **Long-Term Exposure to Jet Fuel an investigation on occupationally exposed workers with special reference to the nervous system.** Scand. J. Work Environ. Health. v.3. p. 152-164.

**KNAVE, B.; OLSON, B. A.; ELOFSSON, S.; ISAKSSON, A.; MINDUS, P.; STUWEG, WENNERBERG, A.; WESTERHOLM. P.** (1978). **Long-term exposure to jet fuel II. A cross-sectional epidemiological investigation on occupationally exposed industrial workers with special reference to nervous system.** Scand. J. Work Environ. Health. v. 4. P. 19-45.

**KORSGAARD, J.** (1983). **Mite asthma and residency. A case-control study on the impact of exposure to house-mite in dwellings.** Am. Ver. Respir. Dis., v.128, p. 231-235.

**KUSTER, P. A.** (1996). **Reducing the risk of house dust mite and cockroach allergen exposure in inner-city children with asthma.** Pediatric Nursing. 22.p. 297-299.

**LAHMANN, E.; PRESCHER, K. E.** ( 1979). **Air pollution in the vicinity of airports.** Schriftenr. Ver.Wasser, Boden Lufthyg. v. 49. p .111 pp.

**LAHMANN, E.; PRESCHER, K. E.** ( 1979). **Air pollutants in the vicinity of commercial airports.** Schriftenr. Ver.Wasser, Boden Lufthyg. v. 30.N° 11-12. p .248-52.

**LAHTINEN, M.; HUUHTANEN, P.; REIJULA, K.** (1998). **Sick building syndrome and psychosocial factors - a literature review.** Indoor Air (Suppl. 4). p 269-276.

**LAMBERT, W. E.** (1997). **Combustion pollution in indoor environments.** In Bardana, e. J.; Montanaro, A.; (Eds), Indoor Air Pollution and Health. Marcel Dekker, New York, p. 83-1036.

**LAN, Q.; CHEN, H.; HE, X. Z.** (1993). **Risk factors for lung cancer in non-smokers in Xuanwei county of China.** Biomedical and Environmental Science. v. 6 (2). p. 112-118.

**LETZ, G. A.** (1990). **Sick building syndrome acute illness among office workers - the role of building ventilation, airborne contaminants, and work stress.** Allergy Proceedings, v. 11 (3), p. 109-116.

**LÉVESQUE, B.; GAUVIN, D.; MCGREGOR, R.; MARTEL, R.; GINGARS, S.; DONTIGNY, A.; WALKER, W. B.; LAJOIE, P.; LÉTOURNEAU, E.** (1997). **Radon in residences influences of geological and housing characteristics.** Health Physics v. 72 (6). p. 907-914.

**LEWIS, R. G.; FORTMANN, R. C.; CAMANN, D. E.**(1994). **Evaluation of methods for monitoring the potential exposure of small children to pesticides in residential environment.** Archives of Environmental and Contamination Toxicology v. 26 (1). P. 37-46.

**LI, Y.; POWERS, T. E.; ROTH, H. D.** (1994). **Random linear regression meta-analysis models with application to nitrogen dioxide health effects studies.** Journal of the Air and Waste Management Association v. 44 (3). p. 261-271.

**LICORISH, K.** (1985). **Role of *Alternaria sp* e *Penicillium sp* spores in pathogenesis of asthma.** J. of Allergy Clin. Immunol. Dezembro.

**LIPFERT, F. W.**(1997). **Air pollution and Human health: perspectives for the 90's and beyond.** Risk Analysis. v. 17(3). p. 137-146.

**LOEVLAD, GUN; JERNELOEV, MARGARETA** (1986).**Air quality around airports.** Technical Report , Inst Vatten-Lufvaardsforsk (B). p. 70 Sweden.

**LOTERIO, C. P.** (1998). **Percepção de Comandantes de Boeing 767 da Aviação Civil Brasileira sobre as Repercussões das Condições de Trabalho na sua Saúde.** Dissertação de Mestrado. FIOCRUZ. Escola Nacional de Saúde Pública. p. 26-27.

**LUDWIG, C.**(1978). **Air monitoring of pollution by laser systems in airports environs.** Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. Vol 158.p. 141-9. USA.

**LUCZYNSKA, C. M.** (1994). **Risk factors for indoor allergen exposure.**Respiratory Medicine. 88 (10). P. 723-729.

**LUCZYNSKA, C. M.; LI, Y.; CHAPMAN, M. D.; PLATTS-MILLS, T. A. E.** (1990). **Airborne concentrations and particle size distribution of allergen derived from domestic cats: measurements using a cascade impactor, liquid impinger and two-site monoclonal antibody assay for Fel d I.** American Review of Respiratory Disorders. 141 (2). p. 361-367.

**LYMAN, G. H.** (1997). **Randon.** In: **Bardana, E. j.; Montanaro, A. (Eds.). Indoor Air Pollution and Health.** Marcel Dekker, New York. p.83-103.

**MACHER, J. M. ; HUANG, F. Y.; FLORES, M.** (1991). **A two-year study of microbiological indoor air quality in a new apartment.** Archives of Environmental Health . v. 46. P. 25-29.

**MADANY, I. M.** (1992). **Carboxyhemoglobin levels in blood donors in Bahrain.** Science of the Total Environment. v. 116 (1). p. 53-58.

**MARONI, M.; SEIFERT, B.; LINDVALL, T. (Eds.).** (1995). **Indoor Air Quality-a comprehensive Reference Book.** Elsevier, Amsterdam.

**McDONALD , J. C.** (1991). **Na epidemiological view of Asbestos in buildings.** Toxicology and Industrial Health. v. 7 (5-6). p. 187-193.

**MELDRUM, J. R.; ROURKE, M. K.; BOYER-PFERSDORF, P.; STETZENBACH, L. D. (1993). Indoor residential mould concentrations as represented by spore and colony counts. Proc. Indoor Air'93. Helsinki. v. 4, p. 189-194.**

**MEGGS, W. J.; DUNN, K. A.; BLOCH, R. M.; GOODMAN, P. E.; DAVIDOFF, A. L. (1996). Prevalence and nature of allergy and chemical sensitivity in a general population. Archives of Environmental Health. v. 51 (4). p.275-282.**

**MENDELL, M. J.; SMITH, A. H. (1990). Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned office buildings: a reanalysis of epidemiologic studies. American Journal of Public Health. v. 80 (10). p. 1193-1199.**

**MICHAEL, G.; JESSICA, H.; MARC, S. RICHARD, J. (1995). Environmental Medicine. Stuart Brooks.**

**MILLER, J. D. (1992). Fungi a contaminants in indoor air. Atmos. Environ., v. 26a, p. 2163-2172.**

**MOLHAVE, L.; BACH, B.; PEDERSEN, O. F. (1986). Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds. Environment International. V. 12 (1-4). P. 167-175.**

**MOLHAVE, LARS E CLAUSEN GEO. (1996). The use of TVOC as na indicator in IAQ investigations. In: THE 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDOOR AIR QUALITY AND CLIMATE. Nagoia. PROCEEDINGS OF, Tóquio, Japão. v.2.pp 37-46**

**MONTANARO, A.(1997).Indoor allergens: description and assessment of health risks. In:BARDANA, E. J.; MONTANARO, A. (Eds.).Indoor Air Pollution and Health. Marcel Dekker, New York. p. 201-214.**

**MOREY, P. (1996).Mold growth in buildings: removal and prevention. The 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Nagoia,. Proceedings of, Tóquio, Japão. v.2, p.27-36.**

**MORGAN, K. T.(1997). A brief review of formaldehyde carcinogenesis in relation to rat nasal pathology and human health risk assessment. Toxicologic Pathology. 25(3).p. 291-307.**

**MORISKE, H. J.; DREWS, M.; EBERT, G.; MENK, G.; SCHELER, C.;SCHONDUBE, M. KONIECZNY, L. (1996). Indoor air pollution by different heating systems: coal burning, open fireplace and central heating. Toxicology Letters. v. 88 (1-3). p. 349-354.**

**MUMFORD, J. L.; LI, X.; HU, F.; LU, X. B. CHUANG, J. C. (1995). Human exposure and dosimetry of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine from Xuan Wei,**

**China with high lung cancer mortality associated with exposure to unvented coal smoke.** Carcinogenesis v. 16 (12). p. 3031-3063.

**MUSMAND, J. J.; HORNER, W. E.; LOPEZ, M. M.; LEHRER, S. B. (1995). Identification of important allergens in German cockroach extracts by sodium dodecylsulphate-polyacrylamide gel electrophoresis and western blot analysis.** Journal of Allergy and Clinical Immunology. 95. P. 877-885.

**NASA (National Aeronautics and Space administration). (1973). Bioastronautics Data Book - SP 3006.** NASA, Washington D.C.

**NETHERCOTT, J. R. (1996). Whither multiple chemical sensitivities?** American Journal of Contact Dermatology. v. 7 (4). p. 199-201.

**NIOSH (1994). NIOSH Pocket Guide to Chemical hazards.** Washington DC. USA. US Gov Printing Office. p. 3-398.

**NISHI, A.; SAWADA, T. (1977). Assessment of air pollution from an offshore airport.** CONFERENCE. Proc. Int. Clean Air Congr. 4 th. p27-17-16.

**NISHI, A.; SAWADA, T. (1977). Dispersion of aircraft emissions in the vicinity of the Osaka International Airport.** Taiki Osen Kenkyu. v. 12. N° 4. p216-25

**O GLOBO.(1998). Serra determina controle de ar-condicionado.** O Globo 15/04/98 p.12.

**O GLOBO.(1999). Descuido com ar-refrigerado pode custar até R\$ 200 mil.** O Globo. 02/03/99.e-mail.

**O GLOBO.(1999).Projeto traçará mapa da poluição atmosférica no Rio.** O Globo. 03/04/99. p. 12.

**OSTRO, B.; CHESTNUT, L. (1998). Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States.** Environmental Research. 76 (2). p.94-106.

**PAGENOTTO, M. L. (1996). Ar condicionado pode Irritar vias Respiratórias.** O Estado de São Paulo, Caderno Saúde, p. A26.

**PASANEN, A. L.; LAPPALAINEN, S. KORPI, A.; PASANEN, P.; KAHIOKOSKI, P. (1996). Volatile metabolic products of moulds as indicators of mould problems in building.** In: The 7<sup>th</sup> Int. Conf. On Indoor Air Quality and Climate. v.2. p. 669-681.

**PLATT, S. D.; MARTIN, C. J. ; HUNT, S. M.; LEWIS, C. W. (1989). Damp housing, mould growth, and sympatomatic health state.** British Medical Journal. v. 298. P. 1673-1678.

**PLATTS-MILLS, T.A. (1994).How environment affects patients with allergic disease: Indoor allergens and asthma.** Ann. Allergy, v. 72, p. 381-384.

**PLATTS-MILLS, T.A.E.; HAYDEN, M.L.; CHAPMAN, M.D.; WILKINS, S.R.** (1986). **seasonal variation in dust mite and grass pollen allergens in dust from the houses of patients with asthma.** *J. Allergy Clin. Immunol.*, v. 79, p. 781-791.

**PITTMAN, W.C.**(1989/1990). **Airports find an answer to clean indoor air.** *Airport Technology International*. P. 221-222.

**PITTS, J.R.; KLAN, A.U.; SMITH, E.B.; WAYNE, R.P.** (1969). **Singlet oxygen in the environmental sciences. Singlet molecular oxygen and photochemical air pollution.** *Environ. Sci. Technol.*, v.3, p. 241-247.

**POSTLETHWAIT, E. M.; BIDANI, A.** (1990). **Reactive uptake governs the pulmonary air space removal of inhaled nitrogen dioxide.** *Journal of Applied Physiology* v. 68 (2). p. 594-603.

**POTTER, P. C.; JURITZ, J.; LITTLE, F.; McCALDIN, M.; DOWDLE, E. B.** (1991). **Clustering of fungal-allergen specific IgE antibody responses in allergic subjects.** *Annals of Allergy*. v. 66 (2). P. 149-153.

**PUERTA, L.; FERNANDEZ-CALDAS, E.; LOCKEY, R. F.** (1997). **Indoor allergens: detection and environmental control measures.** In: **BARDANA, E. J.; MONTANARO, A.** (Eds.). *Indoor Air Pollution and Health*. Marcel Dekker. New York. p. 215-229.

**RADLER, F. A; BRICKUS, L. S. R.**(1999). **Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Físico-Química do Ar em Interiores visando a Saúde Pública.** Relatório para o Ministério da Saúde. p. 1-14.

**RANDO, R. J.; SIMLOTE, P.; SALVAGGIO, J. E.; LEHRER, S. B.**(1997). **Environmental tobacco smoke: measurement and health effects of involuntary smoking.**In: **BARDANA, E. J.; MONTANARO, A.** (Eds.). *Indoor Air Pollution and Health*. Marcell Dekker. New York.p. 61-82.

**RAO, C. Y.; BURGE, H. A.; CHANG, J. C. S.** (1996). **Review of quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air .** *J. Air & Waste Manage. Assoc.* v. 46 p. 899-908.

**RAW, G.;GREY A.** (1992).**Sex Differences in Sick Building Syndrome.** *Proc. Indoor Air'93. Helsink.* v. 4, p. 150-155.

**RAW, G.; WHITEHEAD,C.; ROBERTSON, A; BURGE, S.; KELLY, C.; LEINSTER, P.** (1995). **A questionnaire for studies of sick building syndrome - a report to the royal Society of Health Advisory Group on sick building syndrome.** *Building research Establishment Report*. p.1-8.

**REDLICH, C. A.; SPARER, J.; CULLEN, M.R. (1997). Sick-building syndrome. Lancet. v. 349 (9057). p 1013-1016.**

**REISCH, M.S. (1994). Paints & Coatings. Chem.& Eng. October 3, p. 44-66.**

**ROBERTSON, A.S.; BURGE, P.S.; HEDGE, A.; SIMS, J.; GILL, F.S.; FINNEGAN, M.; PICKERING, C.A.C.; DALTON, G.(1985). Comparison of health problems related to work and environmental measurements in two office buildings with different ventilation systems. Brit. Med. J.. v. 291, p. 373-376.**

**ROBINSON, J.; NELSON, W.C. (1995). National Human Activity Pattern Survey Data Base. U. S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park. N.C.**

**ROCHA, L.S. (1997). Avaliação da Qualidade do Ar em um Prédio Comercial no Rio de Janeiro; Comparação com a Exposição a Compostos Orgânicos Voláteis em um Laboratório Universitário de Química Orgânica. Tese de Doutorado, UFRJ/IQ, Dep.Química Org. Rio de Janeiro.**

**ROCHA, L.S. (1997). Avaliação da Qualidade do Ar em um Prédio Comercial no Rio de Janeiro; Comparação com a Exposição a Compostos Orgânicos Voláteis em um Laboratório Universitário de Química Orgânica. IN: MILLER, J. D. (1992). Fungi in indoor air. Atmos. Environ. V. 26 a. p. 2163-2172. Tese de Doutorado, UFRJ/IQ, Dep.Química Org. Rio de Janeiro.**

**ROTE, D. M.; HECHT, R. W.; WANG, I. T.; CIRILO, R. R.; WANGEN, L. E. (1974). Airport vicinity air pollution study. TECHNICAL REPORT. Govt. Rep. Announce (U.S.) v. 75. p.102.**

**ROUGHTON, F. J. W.; DARLING, R. C. (1994). The effect of carbon monoxide on the oxyhemoglobin dissociation curve. American Journal of Physiology. v. 141 (1). p. 17-31.**

**SALVAGGIO, J.E.; BURGE, H.A; CHAPMAN, J.A. (1993). Emerging concepts in mold allergy. What is the role of immunotherapy?. J. Allergy Cli. Immunol., v.92, p. 217-222.**

**SAMET, J.M.; LAMBERT, W.E.; SKIPPER, B.J.; CUSHING, A.H.; HUNT, W.C.; YOUNG, S.A; MCLAREN, L.C.; SCHWAB, M.; SPENGLER, J.D. (1993). Nitrogen dioxide and respiratory illness in infants. Am. Ver. Respir. Dis., v.148, p. 1258-1265.**

**SAMSON, R. A.; FLANNIGAN, B. FLANNIGAN, M. E.; VERHOEF, A. P.; ADAN, O.C. G.; HOEKSTRA, E. S. (1994). Health indicators of fungi in indoor environment. In: Air Quality Monographs, Vol 2. Elsevier, Amsterdam.**

**SCHAIRER, E. T. ( 1979). Air pollution from aircraft operations at San Jose Municipal Airport, California. TECHNICAL REPORT. Sci. Tech. Aerosp. Rep . Abstr. n° N79-12585. NASA.**

**SELTZER, J. M. (1997). Sources, concentrations , and assessment of indoor pollution. IN: Bardana, E.J., Montanaro, A. (Eds.), Indoor Air Pollution nad Health. Marcel Dekker, New York. p. 11-60.**

**SHORTER, E. (1997). Multiple chemical sesitivity: pseudodisease in historical perspective.Scandinavian Journal of Work and Environmental Health. v. 23 (supl. 3). p. 35-42.**

**SILVEIRA, M.G. (1991). Air pollution caused by Organic Volatile Compounds at Brussels International Airport. Tese de Mestrado. Center for Environmental Sanitation - State University of Ghent. Bélgica.**

**SIQUEIRA, L. F. G.; KULCSAR F. N. (1999). Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores visando a Saúde Pública no Brasil. IN: MOREY, P, R; JENKINS, B. A.(1989).What are the typical concentrations of Fungi, Total Volatile Compounds and Nitrogen Dioxide in a office environment? Proceeding of the ASHRAE/SOEH Conference IAQ'89 : The Human Equation : Health and Confort. p. 67-71.**

**SKOV, P. (1992).The sick building syndrome. Ann. N.Y. Acad. Sci, v.641,p.17-20.**

**SIQUEIRA, L. F. G.; KULCSAR F. N. (1999). Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores visando a Saúde Pública no Brasil. Revista BRASIDOOOR v. 10.**

**SIQUEIRA, L. F. G.; KULCSAR F. N. (1999). Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores visando a Saúde Pública no Brasil. IN: Directorate Federal- Provincial Comitee on Environmental and Occupational Health.(1995) Fungal contamination in Public Building: A Guide to Recognition and Manegement. Environmental Health. Ottawa, Ontario,Canada.**

**SIQUEIRA, L. F. G.; KULCSAR F. N. (1999). Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores visando a Saúde Pública no Brasil. IN: MILLER, J. D (1992). Fungi and buildilg engineer. IN: IAQ'92 Environments for People. ASHRAE/ACGIH/AIHA: Washington D. C. USA.p. 147-58.**

**SISOVIC, E.; FUGAS, M.; SEGA, K. (1996). Assessment of human inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology. v. 6(4). p. 439-447.**

**SMELYANSKAYA, D. I.; ZAPOROZHETS, A. I.; TOKAREV, V. I.** (1985). **Evaluation of emissions from civil aviation planes in the vicinity of airports.** Ver. NII Obshch., n° 1, p. 19-21.

**SMITH, D. G.; HEINOLD, D. W.; BREMER, S. A.; YAMARTINO, R. J.** (1979). **Airport air quality: results of recent model validation studies.** Proc. Annu. Meet. Air Pollut. Control Assoc. Paper n° 29.1, v. 72 n° 2. p20pp.

**SOCKRIDER M.** (1996). **The respiratory effects of passive tobacco smoking.** Curr. Opin. Pulm. Med. v. Mar 2 (2). p. 129-33.

**SPENGLER, J. D.** (1993). **Nitrogen dioxide and respiratory illnesses in infants.** American Review of respiratory disorders v. 148 (5). p. 1258-1265.

**STELLMAM, J. M. & DAUM, S. M.** (1975). **Trabalho e Saúde na indústria** (M. H. Cappellato, trad.) Volume I. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.

**STERLING, D. A.; LEWIS, R. D.**(1998). **Pollen and fungal spores indoor and outdoor of mobile homes.** Annals of Allergy and Asthma Immunology. 80 (3). P. 279-285.

**STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMMEL, D.** (1991). **A epidemiologia dos "Edifícios Doentes".** Revista Saúde Pública, v. 25 (1). p56-63.

**STERLING, T. D.** (1991). **Concentrations of nicotine, RPS, CO and CO<sub>2</sub> in non-smoking areas of offices ventilated by air recirculated from smoking designated areas.** American Industrial Hygiene Association Journal. v.52 (10). p. 564-565.

**SCHWARZBERG, M. N.** (1993). **Carbon dioxide level as migraine threshold factor: hypotesis and possible solutions.** Medical Hypotheses v. 41 (1). p. 35-36.

**TAKAHASHI, T.** (1997). **Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama.** Japan. Mycopatologia v. 139 (1). P. 23-33.

**TEPIKINA, L. A.; RASTYANNIKOV, E. G.; SURINOVICH, I. S.; DROBYSHEVSKAYA, T. A.; SHIPULINA, Z. V.; TARASOVA, L. N.** (1977). **Airports as sources of atmospheric air pollution.** Ref. Zh. Khim. Abstr. n° 10I696.

**THIÉBAUD, H. P.; KNIZE, M. G.; KUZMICKY, P. A.; FELTON, J. S.; HSIEH, D. P.** (1994). **Mutagenicity and chemical analysis of fumes cooking meat.** J. Agric. Food Chemic. V. 42,, p. 1502-1510.

**TSANI-BAZACA, E.; McINTYRE, A. E.; LESTER, J. N.; PERRY, R.** (1984). **Air pollution associated with airports.** Environ. Monit. Assess. v. 4. p 361-77.

**TURIEL, I.; HOLLOWELL, C.D.; MIKSCH, R.R.; RUDY, J.V.; YOUNG, R.A.; COYE, M.J.** (1983). **The effects of reduced ventilation on indoor air quality in na office building.** Atm. Environ., v. 17, p. 51-64.

**US EPA ( United State Environmental Protection Agency ).(1992). Technical support document for the 1992 citizen's guide to radon (EPA 400-r-92-011). US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.**

**VAUGHAN, T. I.; STRADER, C.; DAVIS, S.; DALING, J. R. (1986). Formaldehyde and cancers of the pharynx, sinus, and nasal cavity:II. Residential exposures. International Journal of Cancer 38 (5). p. 685-688.**

**VECERA, Z.; DASGUPTA, P.K. (1994). Indoor nitrous acid levels. Production of Nitrous Acid from open-flame sources. Int. J. Environ. Anal. Chem., v. 56, p. 311-316.**

**VERHOEFF, A. P. (1994). Home Dampness, Fungi and House Dust Mites, and Respiratory Symptoms in Children . Posen & Looijen b. v. Wageningen, Germany.**

**VIELLARD, H.; DONATI, J; THIBAUT, G. (1989). Air Pollution Near Airports. Pollution Atmosphérique, Janvier- Mars. p. 73-80.**

**WALLACE, L.A. (1997). Sick building syndrome. In: Baredana, E. J., Montanaro, A. (Eds.), Indoor Air pollution and Health. Marcell Dekker, New York. p 83-103**

**WALLACE, L. A. (1991b). Comparison of risks from outdoor and indoor exposure to toxic chemicals. Environmental Health Perspectives v.95 (1). p.7-13**

**WALLACE, L. A.; NELSON, C. J.; HIGHSMITH, R.; DUNTEMAN, G. (1993). Association of personal and workplace characteristics with health, comfort, and odor: a survey of 3948 office workers in three buildings. Indoor Air. v. 3 (1). p. 193-205.**

**WALLACE, L. A. (1996).Indoor particles: a review. Journal of the Air and Waste Management Association. v. 46 (2). p. 98-126.**

**WALLACE, L. A. (1997).Sick building syndrome. In: Bardana, E. J., Montanaro, A. (Eds). Indoor Air Pollution and Health. Marcel Dekker, New York.p. 83-103.**

**WALLANCE, L. A. (1995). Human exposure to environmental pollutants: a decade of experience. Clin. Exp. Allergy. v. 25. P. 4-9.**

**WALLANCE, L. A; PELLIZZARIE, D.; HARTWELL, T. D.;SPARACINO, C.; WHITMORE, R.; SHELDON, L.; ZELON, H.; PERRIT, R. (1987). The Team Study: Personal exposure to toxic substances in air, drinking water and breath of 400 residents of New Jersey, North Caroline and North Dakota. Environ. Res. V. 43 p.290-307.**

**WALLANCE, L. A; PELLIZZARIE, D. (1989).Personal exposures and breath concentrations of benzene and other volatile hydrocarbons for smokers and nonsmokers. Toxicol. Lett. v. 35 p. 113-116.**

**WANNER, H. U. (1993). Sources of pollutants in indoor air. IARC. Scientific Publications. v 109. p 19-30**

**WESCHLER, C.J.; BRAUER, M.; KOUTRAKIS, P. (1992b). Indoor ozone and nitrogen dioxide: A potential pathway to the generation of nitrate radicals, dinitrogen pentaoxide, and nitric acid indoors.** Environ. Sci. Technol., v. 26, p. 179-184.

**WESCHLER, C.J.; SCHIELDS, H.C.; NAIK, D.V. (1994). Indoor chemistry involving O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub> as evidenced by 14 months of measurements at side in southern California.** Environ. Sci. Technol., v. 28, p. 2120-2132.

**WHO (1989), *Formaldehyde*, Environmental Health Criteria 89, Geneva.**

**WHO (1995), *Acetaldehyde*, Environmental Health Criteria 167, Geneva**

**WHO (WORLD HEALTH ORGANISATION). (1992). Our Planet, Our Health.** Report of the WHO Commission on Health and Environment. Geneva.

**WHO (WORLD HEALTH ORGANISATION).(1995). Global Strategy of Asthma Management and Prevention.** World Health Organisations, Geneva.

**WICKMAN, M. ; GRAVESEN, S.; NORDVALL, S. L.; PERSHAGEN, G.'SUNDELL, J. (1992).Indoor viable dust-bond microfungi in relation to residential characteristics, living habitats, and symptoms in atopic and control children.** Journal of Allergy and Clinical Immunology v. 89(3). P. 752-759.

**WIESLANDER, G.; NORBACK, D.; BJORNSSON, E.; JANSON, C.; BOMAN, G. (1997). Asthma and the indoor environment: the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surface.** Int. Arch. Occup. Environ. Health. v. 69 (2). P. 115-24.

**WINBERRY JR., W.T; LINDA, F.; MURPHY, N.T.; CEROLI, A; PHINNEY, B.; EVANS, A. (1990). Compedium of methods for determination of air pollutants in indoor air.** Springfield, US Department of Commerce, National Technical Information Service, 2 volumes.

**WONG, O.(1983). A epidemiologic mortality study of a cohort of chemical workers potentially exposed to formaldehyde, with a discussion on SMR and PMR.** In: GIBSON, J. E. (Eds.). *Formaldehyde Toxicity*.Hemisphere Publishing Corporation, New York, NY.

**WOLF, C. (1996).Multiple chemical sensitivity (MCS) – the socalled chemical multiple hypersensitivity.** Versicherungsmedizin v. 48 (5). p. 175-178.

**WOLKOFF, P.; CLAUSEN, P. A.; JENSEN, B.; NIELSEN, G. D.; WILKINS, C. K. (1997). Are we measuring the relevant indoor pollutants?** Indoor Air. V. 7 (1). p. 92-106.

**YAMARTINO, R. J.; SMITH, D. G.; BREMER, S. A.; HEINOLD.; LAMICH, D. (1981). Impact of aircraft emissions on air quality in the vicinity of airports Volume II.**

**An update model assessment of aircraft generated air pollution at LAX, JFK and ORD.**  
TECHNICAL REPORT . Report (80). p.99 pp.

**YAMARTINO, R. J.; SMITH, D. G.; BREMER, S. A.; HEINOLD.; LAMICH, D.**  
(1981). **Impact of aircraft emissions on air quality in the vicinity of airports Volume I.**  
**Recent airport measurement programs, data analyses , and sub-model development.**  
TECHNICAL REPORT . Report (80). p.171 pp

**YANG, Y.; SUN,C.; SUN, M.** (1997). **The effect of moderately increased CO<sub>2</sub> concentration on perception of coherent motion.** Investigative Ophtalmology and Visual Science v.38 (4). p. 1786.

**ZHANG, J.; WILSON, W.E.; LIOY, P.J.** (1994). **Indoor air chemistry: formation of organic acids and aldehydes.** Environ. Sci. Technol., v. 28, 1975-1982.

**ZHANG, J.S., SHAW, C. Y.** (1996).**Material emissions and indoor air quality modeling.** In: The 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate - 1996, Nagoia. Proceedings of, Tóquio, Japão. v.1, p. 913-918.

## ANEXO I

### PORTARIA GM 3.523, DE 28 DE AGOSTO DE 1998 ( DOU 31/08/98 )

---

O Ministro de Estado da Saúde, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 87, Parágrafo único, item II, da Constituição Federal e tendo em vista o disposto nos artigos 6º, I, "a", "c", V, VII, IX, § 1º, I e II, § 3º, I a VI, da Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990;

considerando a preocupação mundial com a Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados e a ampla e crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país, em função das condições climáticas;

considerando a preocupação com a saúde, o bem-estar, o conforto, a produtividade e o absenteísmo ao trabalho, dos ocupantes dos ambientes climatizados e a sua inter-relação com a variável qualidade de vida;

considerando a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados e sua correlação com a Síndrome dos Edifícios Doentes relativa à ocorrência de agravos à saúde;

considerando que o projeto e a execução da instalação, inadequados, a operação e a manutenção precárias dos sistemas de climatização, favorecem a ocorrência e o agravamento de problemas de saúde;

considerando a necessidade de serem aprovados procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, em face da permanência prolongada em ambientes climatizados, resolve:

Art. 1º — Aprovar Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados.

Art. 2º — Determinar que serão objeto de Regulamento Técnico a ser elaborado por este Ministério, medidas específicas referentes a padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados, no que diz respeito a definição de parâmetros físicos e composição química do ar de interiores, a identificação dos poluentes de natureza física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, bem como pré-requisitos de projetos de instalação e de execução de sistemas de climatização.

Art. 3º — As medidas aprovadas por este Regulamento Técnico aplicam-se aos ambientes climatizados de uso coletivo já existentes e aqueles a serem executados e, de forma complementar, aos regidos por normas e regulamentos específicos.

Parágrafo Único — Para os ambientes climatizados com exigências de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como aquelas que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros, aplicam-se as normas e regulamentos específicos, sem prejuízo do disposto neste Regulamento.

Art. 4º — Adotar para fins deste Regulamento Técnico as seguintes definições:

- a) ambientes climatizados: ambientes submetidos ao processo de climatização.
- b) ar de renovação: ar externo que é introduzido no ambiente climatizado.
- c) ar de retorno: ar que recircula no ambiente climatizado.
- d) boa qualidade do ar interno: conjunto de propriedades físicas, químicas e biológicas do ar que não apresentem agravos à saúde humana.
- e) climatização: conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequadas ao bem-estar dos ocupantes.
- f) filtro absoluto: filtro de classe A1 até A3, conforme especificações do Anexo II.
- g) limpeza: procedimento de manutenção preventiva que consiste na remoção de sujidade dos componentes do sistema de climatização, para evitar a sua dispersão no ambiente interno.
- h) manutenção: atividades técnicas e administrativas destinadas a preservar as características de desempenho técnico dos componentes ou sistemas de climatização, garantindo as condições previstas neste Regulamento Técnico.
- i) Síndrome dos Edifícios Doentes: consiste no surgimento de sintomas que são comuns à população em geral, mas que, numa situação temporal, pode ser relacionado a um edifício em particular. Um incremento substancial na prevalência dos níveis dos sintomas, antes relacionados, proporciona a relação entre o edifício e seus ocupantes.

Art. 5º — Todos os sintomas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle, observadas as determinações, abaixo relacionadas, visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes:

- a) manter limpos os componentes do sistema de climatização, tais como: bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos, de forma a evitar a difusão ou multiplicação de agentes nocivos à saúde humana e manter a boa qualidade do ar interno.
- b) utilizar, na limpeza dos componentes do sistema de climatização, produtos biodegradáveis devidamente registrados no Ministério da Saúde para esse fim.
- c) verificar periodicamente as condições física dos filtros e mantê-los em condições de operação. Promover a sua substituição quando necessária.
- d) restringir a utilização do compartimento onde está instalada a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação, ao uso exclusivo do sistema de climatização. É proibido conter no mesmo compartimento materiais, produtos ou utensílios.
- e) preservar a captação de ar externo livre de possíveis fontes poluentes externas que apresentem riscos à saúde humana e dotá-la no mínimo de filtro classe G1 (um), conforme as especificações do Anexo II.
- f) garantir a adequada renovação do ar de interior dos ambientes climatizados, ou seja no mínimo de  $27\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ .
- g) descartar as sujidades sólidas, retiradas do sistema de climatização após a limpeza, acondicionadas em sacos de material resistente e porosidade adequada, para evitar o espalhamento de partículas inaláveis.

Art. 6º — Os proprietários, locatários e prepostos, responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/H), deverão manter um responsável técnico habilitado, com as seguintes atribuições:

a) implantar e manter disponível no imóvel um Plano de Manutenção, Operação e Controle — PMOC, adotado para o sistema de climatização. Este Plano deve conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas, as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência, para garantia de segurança do sistema de climatização e outros de interesse, conforme especificações contidas no Anexo I deste Regulamento Técnico e NBR 13971/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas — ABNT.

b) garantir a aplicação do PMOC por intermédio da execução contínua direta ou indireta deste serviço.

c) manter disponível o registro da execução dos procedimentos estabelecidos no PMOC.

d) divulgar os procedimentos e resultados das atividades de manutenção, operação e controle aos ocupantes.

Parágrafo Único — O PMOC deverá ser implantado no prazo máximo de 180 dias, a partir da vigência deste Regulamento Técnico.

Art. 7º — O PMOC do sistema de climatização deve estar coerente com a legislação de Segurança e Medicina do Trabalho. Os procedimentos de manutenção, operação e controle dos sistemas de climatização e limpeza dos ambientes climatizados, não devem trazer riscos a saúde dos trabalhadores que os executam, nem aos ocupantes dos ambientes climatizados.

Art. 8º — Os órgãos competentes de Vigilância Sanitária farão cumprir este Regulamento Técnico, mediante a realização de inspeções e de outras ações pertinentes, com o apoio de órgãos governamentais, organismos representativos da comunidade e ocupantes dos ambientes climatizados.

Art. 9º — O não cumprimento deste Regulamento Técnico configura infração sanitária, sujeitando o proprietário ou locatário do imóvel ou preposto, bem como o responsável técnico, quando exigido, às penalidades previstas na Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, sem prejuízo de outras penalidades previstas em legislação específica.

Art. 10 — Esta Portaria entra em vigor na data da sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

JOSÉ SERRA

## ANEXO I

### PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE — PMOC

1 — Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes:

Nome (Edifício/Entidade)			
Endereço completo			Nº
Complemento	Bairro	Cidade	UF
Telefone		Fax	

2 — Identificação do ( ) Proprietário, ( ) Locatário ou ( ) Preposto:

Nome/Razão Social	CIC/CGC
Endereço completo	Tel./Fax/Endereço Eletrônico

3 — Identificação do Responsável Técnico:

Nome/Razão Social	CIC/CGC
Endereço completo	Tel./Fax/Endereço Eletrônico
Registro no Conselho de Classe	ART*

\*ART = Anotação de Responsabilidade Técnica

4 — Relação dos Ambientes Climatizados:

Tipo de Atividade	Nº de Ocupantes Fixos Flutuantes	Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes	Área Climatizada	Carga Térmica
			Total	

NOTA: anexar Projeto de instalação do sistema de climatização.

## 5 — Plano de Manutenção e Controle

Descrição da atividade	Periodicidade	Data de execução	Executado por	Aprovado por
a) Condicionador de Ar (do tipo "expansão direta" e "água gelada")				
Verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja;				
Limpar as serpentinas e bandejas				
verificar a operação dos controles de vazão;				
verificar a operação de drenagem de água da bandeja;				
verificar o estado de conservação do isolamento termo-acústico;				
verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete;				
verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento;				
lavar as bandejas e serpentinas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;				
limpar o gabinete do condicionador e ventiladores (carcaça e rotor).				
verificar os filtros de ar:				
• filtros de ar (secos)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
medir o diferencial de pressão;				
verificar e eliminar as frestas dos filtros;				

limpar (quando recuperável) ou substituir (quando descartável) o elemento filtrante.				
• filtros de ar (embebidos em óleo)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
medir o diferencial de pressão;				
verificar e eliminar as frestas dos filtros;				
lavar o filtro com produto desengraxante e inodoro;				
pulverizar com óleo (inodoro) e escorrer, mantendo uma fina película de óleo.				
b) Condicionador de Ar (do tipo "com condensador remoto" e "janela")				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão no gabinete, na moldura da serpentina e na bandeja;				
verificar a operação de drenagem de água da bandeja;				
verificar o estado de conservação do isolamento termo-acústico (se está preservado e se não contém bolor);				
verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete;				
levar as bandejas e serpentinas com remoção do biofilme (lodo), sem o uso de produtos desengraxantes e corrosivos;				

limpar o gabinete do condicionador;				
verificar os filtros de ar.				
• filtros de ar				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar e eliminar as frestas dos filtros;				
limpar o elemento filtrante.				
c) Ventiladores				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar a fixação;				
verificar o ruído dos mancais;				
lubrificar os mancais;				
verificar a tensão das correias para evitar o escorregamento;				
verificar vazamentos nas ligações flexíveis;				
verificar a operação dos amortecedores de vibração;				
verificar a instalação dos protetores de polias e correias;				
verificar a operação dos controles de vazão;				
verificar a drenagem de água;				
limpar interna e externamente a carcaça e o rotor.				
d) Casa de Máquinas do Condicionador de Ar				
verificar e eliminar sujeira e água;				
verificar e eliminar corpos estranhos;				
verificar e eliminar				

as obstruções no retorno e tomada de ar externo;				
• aquecedores de ar				
verificar e eliminar sujeira, dano e corrosão;				
verificar o funcionamento dos dispositivos de segurança;				
limpar a face de passagem do fluxo de ar.				
• umidificador de ar com tubo difusor (ver obs. 1)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar a operação da válvula de controle;				
ajustar a gaxeta da haste da válvula de controle;				
purgar a água do sistema;				
verificar o tapamento da caixa d'água de reposição;				
verificar o funcionamento dos dispositivos de segurança;				
verificar o estado das linhas de distribuição de vapor e de condensado;				
• tomada de ar externo (ver obs. 2)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar a fixação;				
medir o diferencial de pressão;				
medir a vazão;				
verificar e eliminar as frestas dos filtros;				

limpar (quando recuperável) ou substituir (quando descartável) o elemento filtrante;				
• registro de ar ("damper") de retorno (ver obs. 2)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar o seu acionamento mecânico;				
medir a vazão;				
• registro de ar ("damper") corta fogo (quando houver)				
verificar o certificado de teste;				
verificar e eliminar sujeira nos elementos de fechamento, trava e reabertura;				
verificar o funcionamento dos elementos de fechamento, trava e reabertura;				
verificar o posicionamento do indicador de condição (aberto ou fechado);				
• registro de ar ("damper") de gravidade (venezianas automáticas)				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar o acionamento mecânico;				
lubrificar os mancais;				
<p>Observações:</p> <p>1. Não é recomendado o uso de umidificador de ar por aspersão que possui bacia de água no interior do duto de insuflamento ou no gabinete do condicionador.</p> <p>2. É necessária a existência de registro de ar no retorno e tomada de ar externo, para garantir a correta vazão de ar no sistema.</p>				
e) Dutos, Acessórios e Caixa Pleno para o Ar				
verificar e eliminar sujeira (interna e externa), danos e				

corrosão;				
verificar a vedação das portas de inspeção em operação normal;				
verificar e eliminar danos no isolamento térmico;				
verificar a vedação das conexões.				
• bocas de ar para insuflamento e retorno do ar				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar a fixação;				
medir a vazão;				
• dispositivos de bloqueio e balanceamento				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
verificar o funcionamento;				
f) Ambientes Climatizados				
verificar e eliminar sujeira, odores desagradáveis, fontes de ruídos, infiltrações, armazenagem de produtos químicos, fontes de radiação de calor excessivo, e fontes de geração de microorganismos				
g) Torre de Resfriamento				
verificar e eliminar sujeira, danos e corrosão;				
Notas:				
1) As práticas de manutenção acima devem ser aplicadas em conjunto com as recomendações de manutenção mecânica da NBR 13.971 — Sistemas de Refrigeração. Condicionamento de Ar e Ventilação — Manutenção Programada da ABNT, assim como aos edifícios da Administração Pública Federal o disposto no capítulo Práticas de Manutenção, Anexo 3, itens 2.6.3 e 2.6.4 da Portaria nº 2.296/97, de 23 de julho de 1997, Práticas de Projeto, Construção e Manutenção dos Edifícios Públicos Federais, do Ministério da Administração Federal e Reformas de				

Estado — MARE. O somatório das práticas de manutenção para garantia do ar e manutenção programada visando o bom funcionamento e desempenho térmico dos sistemas, permitirá o correto controle dos ajustes das variáveis de manutenção e controle dos poluentes dos ambientes.

2) Todos os produtos utilizados na limpeza dos componentes dos sistemas de climatização, devem ser biodegradáveis e estarem devidamente registrados no Ministério da Saúde para esse fim.

3) Toda verificação deve ser seguida dos procedimentos necessários para o funcionamento correto do sistema de climatização.

6 — Recomendações aos usuários em situações de falha do equipamento e outras de emergência:

Descrição:

## ANEXO II

### CLASSIFICAÇÃO DE FILTROS DE AR PARA UTILIZAÇÃO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS, CONFORME RECOMENDAÇÃO NORMATIVA 004-1995 da SBCC

Classe de filtro	Eficiência (%)	
	Grossos	G0
	G1	60-74
	G2	75-84
	G3	85 e acima
Finos	F1	40-69
	F2	70-89
	F3	90 e acima
Absolutos	A1	85-94, 9
	A2	95-99, 96
	A3	99, 97 e acima

Notas:

1) métodos de ensaio:

Classe G: Teste gravimétrico, conforme ASHRAE\* 52.1 — 1992 (arrestance)

Classe F: Teste colorimétrico, conforme ASHRAE 52.1 — 1992 (dust spot)

Classe A: Teste fotométrico DOP TEST, conforme U.S. Militar Standart 282

\*ASHRAE — American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc.

2) Para classificação das áreas de contaminação controlada, referir-se a NBR 13.700 de junho de 1996, baseada na US Federal Standart 209E de 1992.

3) SBCC — Sociedade Brasileira de Controle da Contaminação.

## **ANEXO II**

**Resolução ANVISA RE-nº 176/00**

## ANEXO III

**Características físico-química do combustível CHEVRON *jet fuel A* utilizado em aeronaves**

Solubilidade	Solúvel em hidrocarbonetos, insolúvel em água
Aparência	Líquido amarelado
Ponto de ebulição	Aproximadamente 204-300°C
Ponto de fusão	Não se aplica
Taxa de evaporação (água=1)	Sem dados disponíveis
Gravidade específica	0,85 d
Pressão a vapor a 68F/20°C (mm/Hg)	0,4
% Volatilização a 38 °C	Insignificante
Densidade do vapor (ar=1)	Sem dados disponíveis
Viscosidade	1,9 cst d 40 C (min)

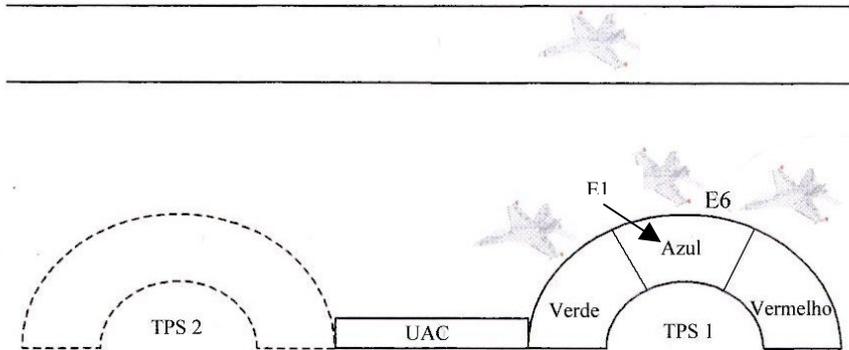
## ANEXO IV

### Terminal Aeroportuário - Foto Aérea

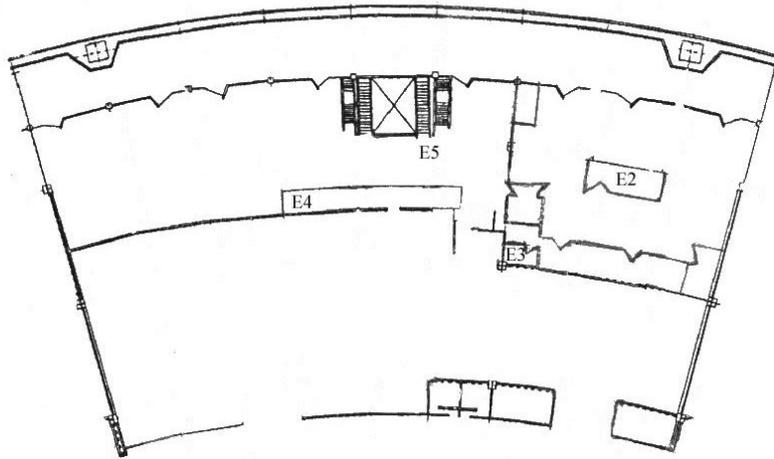


# ANEXO V

## Divisão do Segundo Andar do Terminal Aeroportuário - Pontos amostrados



- TPS - Terminal de Passageiros
- UAC - Unidade Administrativa Central
- E6 - Ponto de Amostragem-Exterior (Pista)
- E2, E3, E4, E5 - Ponto de Amostragem-Interior
- E1-Ponto de Amostragem -Exterior (alto)



## ANEXO VI

## QUESTIONÁRIO

## Bem-estar Pessoal

As questões abaixo são sobre o seu bem-estar geral nos últimos 12 meses.

*Por favor assinale uma resposta para cada questão. Caso esteja indeciso quanto a resposta, então por favor assinale "Não" como resposta para aquela questão.*

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Secura nos olhos** sim  não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Cocceira ou lacrimejamento dos olhos** sim  não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Nariz entupido** sim  não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Coriza** sim  não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Secura na Garganta** sim  não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Letargia (moleza) e/ou cansaço** Sim  Não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Dor de Cabeça** Sim  Não

Nos últimos 12 meses você teve mais de **dois** episódios de:  
**Pele Seca, irritada, cocceira** Sim  Não

# Conforto Ambiental

Como você descreveria as condições do seu local de trabalho durante o **INVERNO**?

Como você descreveria as condições do seu local de trabalho durante o **VERÃO**?

Deixe as resposta em branco caso você não tenha trabalhado neste local durante o inverno, então por favor passe adiante para as condições de trabalho durante o verão.

Se você não trabalhou neste local durante o **VERÃO**, então por favor, não responda as questões abaixo e vá para a próxima seção.

*Por favor marque uma resposta para cada pergunta*

*Por favor marque uma resposta para cada pergunta*

### Temperatura no Inverno

Confortável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desconfortável
Muito quente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muito frio
Estável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Variável

### Temperatura no Verão

Confortável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desconfortável
Muito quente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muito frio
Estável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Variável

### Qualidade do Ar no Inverno

Seco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Úmido
Fresco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abafado
Inodoro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Com Odor
Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Insatisfatório

### Qualidade do Ar no Verão

Seco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Úmido
Fresco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Abafado
Inodoro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Com Odor
Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Insatisfatório

### Luminosidade no Inverno

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

### Luminosidade no Verão

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

### Barulho no Inverno

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

### Barulho no Verão

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

### Conforto no Inverno

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

### Conforto no Verão

Totalmente Satisfatório	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Totalmente Insatisfatório
-------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

## Informações Antecedentes

Há quanto tempo você trabalha neste prédio? *Por favor escreva:*  Anos  Meses\*

*\*O número de meses não é necessário se forem mais de 2 anos*

Qual a sua idade?  Anos

Qual o seu sexo?  Masculino  Feminino

Em média, quantas horas por semana você passa neste prédio?  Horas

Você fuma no seu ambiente de trabalho?  Sim  Não

Outros colegas seus também fumam no seu local de trabalho?  Sim  Não

## ANEXO VII

## Valores adotados pelo ACGIH para algumas substâncias

SUBSTÂNCIA	VALORES ADOTADOS		CATEGORIA	EFEITOS CRÍTICOS
	TLV-TWA	TLV-STEL		
Asbestos	0,1 f/cc	—	A1	Asbestosis, cancer
Benzeno	0,5 ppm	2,5	A1	Cancer
CO <sub>2</sub>	5000 ppm	30000 ppm	—	Asfíxia
CO	25 ppm	—	BEI	Anoxia, SVC, SNC, reprodução
Clorofórmio	10 ppm	—	A3	SVC, fígado, rins, SNC, reprodução
Acetato de Etila	400 ppm	—	—	Irritação
Heptano	400 ppm	500 ppm	—	Irritação, Narcose
Hexano	500 ppm	1000 ppm	—	Irritação, SNC
Naftaleno	10 ppm	15 ppm	A4	Irritação, Ocular, Sangue
NO	25 ppm	—	BEI	Anoxia, Irritação, Cianose
NO <sub>2</sub>	3 ppm	5 ppm	A4	Irritação, Anoxia, Cianose
Nonano	200 ppm	—	A4	Reprodução, Sangue, Neuropatia, Asfíxia
Ozonio	0,05-0,20	—	A4	Função pulmonar, Irritação, Dor de cabeça
Particulados				Pulmão
Partic. Inalável	10 mg/m <sup>3</sup>	—		
Partic. Respirável	3 mg/m <sup>3</sup>			
Estireno (monomero)	20 ppm	40 ppm	A4, BEI	Neurotoxicidade, Irritação, SNC
Tolueno	50 ppm	—	A4, BEI	SNC
Xileno (o, m, p)	100 ppm	150 ppm	A4, BEI	Irritação
Diesel /querosene	100 mg/m <sup>3</sup>	—	A3, pele	Irritação, Dermatite, Pulmonar
Etil benzeno	100 ppm	125 ppm	A3, BEI	Irritação, SNC
Jet Fuel	*	—		

\* Em estudo pelo comite técnico do ACGIH

Fonte: ACGIH (1999)

## ANEXO VIII

## Padrão Referencial Brasileiro ( BRASINDOOR )

## 1- Qualitativo

## NÃO SÃO ADMITIDOS NOS AMBIENTES INTERIORES

**Fungos:** *Histoplasma capsulatum*  
*Criptococcus neoformans*  
*Paracoccidioides brasiliensis*  
*Aspergillus fumigatus*  
*Aspergillus parasiticus*  
*Stachybotrys atra*  
*Fusarium moniliforme*

**Bactérias:** *Legionella pneumophila*

## 2- Quantitativo

Valor Máximo Aceitável = 750 ufc/m<sup>3</sup> de ar

## 3- Relativo

## CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DENTRO DOS VALORES MÁXIMOS ACEITÁVEIS

Valor Máximo Relativo é dado pela seguinte expressão:

Ar Ambiental Interior = Ar Ambiental Exterior . 1.5

Ambientes em boas condições	Ambientes em regulares condições	Ambientes em más condições
$\underline{I} = <1,5$ E	$\underline{I} = 1,5$ a 2 E	$\underline{I} = >2$ E

**Observação:** Bactérias devem ser avaliadas apenas em condições especiais, tais como: hospitais, indústrias farmacêuticas, indústrias alimentícias e algumas salas limpas, ou ainda, ambientes que possuam alto teor de umidade relativa do ar ou queixas epidemiológicas constatadas.

## ANEXO IX

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário -  
Ponto externo alto - E1

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	Uuc/gên	Ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>
<i>Cladosporium sp</i>	12	85,7	36	257,1	39	278,6	13	92,9	26	185,7
<i>Epicoccum sp</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	14,3
<i>Helminthosporium sp</i>	ND	ND	12	85,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Mycelia sterila</i>	8	57,1	3	21,4	ND	ND	4	28,6	ND	ND
<i>Neurospora sp.</i>	36	257,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Penicillium sp.</i>	10	71,4	10	71,4	16	114,3	42	300,0	18	128,6
<i>Phoma sp.</i>	ND	ND	ND	ND	2	14,3	ND	ND	ND	ND
<i>Rhodotorula rubra</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	14,3	ND	ND
<i>Verticilium sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	14,3	3	21,4
TOTAL GERAL	66	471,4	61	435,7	57	407,1	63	450,0	49	350,0

ND- Não Detectado

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário -  
Ponto interno - E2

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>						
<i>Aspergillus sp.</i>	5	35,7	22	157,1	ND	ND	1	7,1	ND	ND
<i>Candida sp.</i>	ND	ND	5	35,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Cladosporium sp</i>	48	342,9	41	292,9	42	300,0	ND	ND	6	42,9
<i>Mycelia sterila</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	14,3
<i>Neurospora sp.</i>	37	264,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Penicillium sp.</i>	12	85,7	10	71,4	5	35,7	72	514,3	ND	ND
<i>Trichoderma sp.</i>	ND	ND	ND	ND	6	42,9	ND	ND	25	178,6
<i>Verticilium sp.</i>	2	14,3	ND	ND	2	14,3	ND	ND	ND	ND
TOTAL GERAL	104	742,9	78	557,1	55	392,9	73	521,4	33	235,7

ND- Não Detectado

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário

## Ponto interno - E3

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>						
<i>Aspergillus sp.</i>	ND	ND	15	107,1	10	71,4	ND	ND	ND	ND
<i>Aerobasidium pullulans</i>	ND	ND	ND	ND	2	14,3	ND	ND	ND	ND
<i>Aspergillus niger</i>	ND	ND	9	64,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Cladosporium sp.</i>	14	100,0	32	228,6	6	42,9	36	257,1	5	35,7
<i>Curvularia sp.</i>	ND	ND	5	35,7	ND	ND	5	35,7	ND	ND
<i>Mycelia sterila</i>	ND	ND	2	14,3	ND	ND	2	14,3	2	14,3
<i>Neurospora sp.</i>	36	257,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Penicillium sp.</i>	3	21,4	ND	ND	38	271,4	8	57,1	18	128,6
<i>Verticillium sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	21,4
TOTAL GERAL	53	378,6	63	450,0	56	400,0	51	364,3	28	200,0

ND- Não Detectado

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário

## Ponto interno - E4

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>						
<i>Aerobasidium pullulans</i>	ND	ND	2	14,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Aspergillus sp.</i>	1	7,1	19	135,7	11	78,6	ND	ND	ND	ND
<i>Aspergillus niger</i>	ND	ND	ND	ND	3	21,4	ND	ND	ND	ND
<i>Alternaria sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Candida sp.</i>	ND	ND	ND	ND	3	21,4	ND	ND	ND	ND
<i>Cladosporium sp.</i>	ND	ND	25	178,6	27	192,9	2	14,3	8	57,1
<i>Curvularia sp. Sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Mycelia sterila</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	28,6
<i>Penicillium sp.</i>	85	607,1	3	21,4	15	107,1	45	321,4	14	100,0
<i>Rhodotorula rubra</i>	1	7,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Trichoderma sp.</i>	ND	ND	3	21,4	ND	ND	8	57,1	ND	ND
<i>Verticillium sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6	42,9
TOTAL GERAL	87	621,4	52	371,4	59	421,4	55	392,9	32	228,6

ND- Não Detectado

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário

## Ponto interno - E5

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
<i>Aspergillus sp.</i>	Ufc/gê	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	Ufc/m <sup>3</sup>						
<i>Aspergillus niger</i>	2	14,3	11	78,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Alternaria</i>	ND	ND	ND	ND	3	21,4	ND	ND	ND	ND
<i>Cladosporium sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	7,1
<i>Epicoccum sp.</i>	2	14,3	28	200,0	ND	ND	ND	ND	17	121,4
<i>Mycelia sterila</i>	ND	ND	1	7,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Paecilomyces sp.</i>	ND	ND	ND	ND	1	7,1	4	28,6	1	7,1
<i>Penicillium sp.</i>	ND	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Rhodotorula rubra</i>	83	592,9	17	14,3	48	342,9	47	335,7	4	28,6
<i>Trichoderma sp.</i>	ND	ND	3	121,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Verticillium sp.</i>	ND	ND	ND	21,4	4	28,6	26	185,7	ND	ND
TOTAL GERAL	ND	ND	ND	ND	2	14,3	ND	ND	3	21,4
	87	621,4	62	442,9	58	414,3	77	550,0	26	185,7

ND- Não Detectado

Concentrações de fungos totais (ufc/m<sup>3</sup>) no ar interior e exterior do sítio aeroportuário

## Ponto externo baixo - E6

Gênero	Junho		Julho		Agosto		Outubro		Novembro	
<i>Alternaria sp.</i>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>	ufc/gên	ufc/m <sup>3</sup>						
<i>Aspergillus sp.</i>	ND	ND	2	14,3	ND	ND	4	28,6	ND	ND
<i>Candida sp.</i>	14	100,0	ND	ND	3	21,4	ND	ND	8	57,1
<i>Cladosporium sp.</i>	ND	ND	1	7,1	1	7,1	ND	ND	ND	ND
<i>Curvularia sp.</i>	16	114,3	27	192,9	ND	ND	25	178,6	15	107,1
<i>Epicoccum sp.</i>	ND	ND	3	21,4	ND	ND	3	21,4	ND	ND
<i>Mycelia sterila</i>	ND	ND	ND	ND	1	7,1	4	28,6	ND	ND
<i>Neurospora sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	35,7	ND	ND
<i>Penicillium sp.</i>	52	371,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	21,4
<i>Rhodotorula rubra</i>	6	42,9	33	235,7	18	128,6	ND	ND	ND	ND
<i>Verticillium sp.</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	7,1	ND	ND
TOTAL GERAL	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	28,6
	88	628,6	66	471,4	23	164,3	44	314,3	30	241,3

## ANEXO X

Limites de Tolerância de algumas substâncias, em mg/m<sup>3</sup>, por alguns órgãos internacionais e pelo Ministério do Trabalho brasileiro (NR-15)

SUBSTÂNCIA	ACGIH	OSHA	NIOSH	NR-15
HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS				
Destilados de Petróleo*	1370	1600		1400
Nonano				
Decano				
Undecano				
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS				
Benzeno	5,9 (TWA)	3,1	0.32	1,0
Tolueno	1910	1900		290

ABREVIATURAS: ACGIH: American Conference of Governmental Industrial hygienists; OSHA: Occupational Safety and Health Administration; NIOSH: National Institution of Occupational Safety and Health Administration; NIOSH: National Institution of Occupational Safety and Health; NR-15: Norma Regulamentadora número 15 do Ministério do Trabalho Brasileiro.

\* nesta classe incluem: 2-metil-pentano, 3-metil-pentano, hexano, metil-ciclopentano, metilciclohexano, heptano.

Fonte: ROCHA, 1997

**ANEXO XI****Espectros de Massa de alguns COV's amostrados**

