

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**  
**Programa de Pós-Graduação em Química**

**IVAN ALEXANDRE PETRONI**

**Poluição do Ar por Compostos Orgânicos Voláteis**  
**em Ambiente Interno Hospitalar**

São Paulo

2009

Data do Depósito na SPG:

29/05/2009

IVAN ALEXANDRE PETRONI

**Poluição do Ar por Compostos Orgânicos Voláteis**  
**em Ambiente Interno Hospitalar**

*Dissertação apresentada ao Instituto de  
Química da Universidade de São Paulo  
para obtenção do Título de Mestre em  
Química (Química Analítica)*

*Orientadora: Profa. Dra. Lilian Rothschild*

São Paulo

2009

Ivan Alexandre Petroni

**Poluição do Ar por Compostos Orgânicos Voláteis em Ambiente Interno Hospitalar**

*Dissertação apresentada ao Instituto de Química  
da Universidade de São Paulo para obtenção do  
Título de Mestre em Química (Química Analítica)*

Aprovado em: \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora**

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.** \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

A Deus porque sem ELE nada somos.

A Profa. Dra. Lilian Rothschild pela valiosa orientação, paciência e dedicação.

Ao Superintendente do HU pela permissão concedida para a realização das amostragens!!!

Aos meus pais Lydio (in Memorium) e Maria e meus irmãos, Paulo, Mario e Nádia, todo meu respeito, carinho e amor.

Ao meu amado Tio Harold L. Palmer e minha Tia Helena Palmer todo o meu respeito, carinho e amor.

Aos todos os meus Mestres, aqueles que durante a minha vida me conduziram para o caminho da verdade e da luz.

Aos meus grandes amores, minha esposa Carol e minha filha Amanda.

Ao meu sogro Celso e Marli, pela força, amizade, carinho e paciência, todo meu respeito, carinho e amor.

Aos meus gestores Valeria Yugue, Cecília Ognibene e ao Alexandre De Laurentis pela inestimável ajuda em momentos imprescindíveis.

Aos meus amigos de grupo !!!!

Um agradecimento todos os funcionários do Instituto de Química da USP, campus de São Paulo, em especial os funcionários Pós-Graduação, da Mecânica, Elétrica, Transporte e Serviços Gerais, pelo abastecimento do nitrogênio e inestimável ajuda !!!

Ivan A. Petroni

## RESUMO

Petroni, I. A.; **Poluição do Ar por Compostos Orgânicos Voláteis em Ambiente Interno Hospitalar. 2009.** Número de páginas do trabalho (ex: 100p). Dissertação - Programa de Pós-Graduação em 2009. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A quantificação de 11 compostos carbonílicos (formaldeído, acetaldeído, acetona, acroleína, propionaldeído, crotonaldeído, butiraldeído, benzaldeído, isovaleraldeído, valeraldeído e 2,5-dimetilbenzaldeído) e a identificação de outros 43 compostos orgânicos voláteis (alcanos, alcenos, aromáticos, halogenados e nitrogenados) foram feitas em 9 ambientes diferentes de trabalho localizados em áreas internas do Hospital Universitário, USP, São Paulo.

Dentre os compostos carbonílicos, os mais abundantes em ordem decrescente foram formaldeído, acetona, acetaldeído e acroleína. As maiores razões de mistura de formaldeído foram observadas nas salas de Macroscopia (169,9 e 90,2 ppbv) e Técnicas Histológicas (11,7 e 58,7 ppbv), em decorrência da atividade desenvolvida nos locais. Na sala de Macroscopia, os níveis de formaldeído encontrados foram acima do limite (100 ppbv) estabelecido por órgãos internacionais que controlam a qualidade do ar em ambientes internos não industriais.

As razões de mistura entre o ambiente interno e o ambiente externo, razões I/E, permitiram indicar a predominância dos compostos carbonílicos nos ambientes internos. A acroleína foi encontrada na faixa de 6,4 a 9,3 ppbv nos ambientes internos estudados. Na área externa, entretanto, foram encontrados valores similares (6,4 e 6,8 ppbv) aos dos ambientes internos obtendo razões I/E próximas de 1. Os compostos podem ter sido emitidos por materiais de construção e acabamento, fumaça do tabaco, adesivos, via metabolismo microbiano e bacteriano ou podem ter sido transportados por correntes de ar do ambiente externo para o ambiente interno.

**Palavras-chave:** compostos orgânicos voláteis (COV), compostos carbonílicos, ambientes internos, hospitais, ar, fontes de emissão.

## ABSTRACT

Petroni, I. A.; 2009. 76 p. Masters Thesis - Graduate Program in Chemistry. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

The quantification of 11 carbonyl compounds (formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, acetone, propionaldehyde, crotonaldehyde, butiraldehyde, benzaldehyde, isovaleraldehyde, valeraldehyde and 2,5-dimethylbenzaldehyde) and the identification of another 43 volatile organic compounds (alkanes, alkenes, aromatic, halogenated and nitrogenated compounds) have been done with samples of 9 different indoor places inside the University Hospital at USP in São Paulo.

Among the carbonyl compounds, there were found higher quantities of formaldehyde, acetone, acetaldehyde and acrolein in this order. The highest ratios of formaldehyde mixture have been observed at the Macroscopic room (169.88 and 90.2 ppbv) and Histological Techniques (11.7 and 58.7 ppbv), due to the routine activities of these places. At the Macroscopy room, the level of formaldehyde identified (100 ppbv) was above the international limits established to non-industrial internal places.

The ratios of the mixture of indoor and outdoor places, I/O, indicate the biggest presence of carbonyl compounds in internal places. Acrolein has been identified (6.4 to 9.3 ppbv) at indoor places. At the external area, there were found similar values (6.4 to 6.8 ppbv), and the ratio I/O obtained is near to 1. The origin of these compounds is possibly construction materials, smoke of cigarettes, adhesives, metabolism of microorganisms or they may have come from the outdoor to the indoor.

**Keywords:** volatile organic compound (VOCs), carbonyl compounds, indoor, hospital, air, emissions sources.

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura 01: Número de projetos da IERIE, que envolvem estudos específicos de alguns tipos de ambientes internos.	25
Figura 02: Mecanismo de reação entre um composto carbonílico e 2,4-dinitrofenilhidrazina	30
Figura 03: Cromatograma com os carbonil-hidrazonas, 1)Formaldeído, 2)Acetaldeído, 3)Acetona, 4)Acroleína, 5)Propionaldeído, 6)Crotonaldeído, 7)Butiraldeído, 8)Benzaldeído, 9)IsoValeraldeído, 10)Valeraldeído, 11)o-Tolualdeído, 12)m/p-Tolualdeído, 13) Hexaldeído e 14) 2,5-Dimetilbenzaldeído.	32
Figura 04 – Tubo de de adsorção usado na amostragem de COV	33
Figura 05 – Sistema de limpeza dos cartuchos (Tenax/Carbotrap)	34
<i>Figura 06: Razão de mistura, em ppbv de formaldeído nos pontos de amostragem</i>	40
<i>Figura 07: Razão de mistura em ppbv de acetaldeído nos pontos de amostragem</i>	43
<i>Figura 08: Razão de mistura (ppbv) de acetona nos pontos de amostragem</i>	46
<i>Figura 09: Razão de Mistura (ppbv) de Acroleína nos pontos de amostragem</i>	48
<i>Figura 10: Razão de Mistura em ppbv de Propionaldeído nos pontos de amostragem</i>	50
<i>Figura 11: Razão de Mistura em ppbv de Crotonaldeído nos pontos de amostragem</i>	52
<i>Figura 12: Razão de Mistura em ppbv de Butiraldeído nos pontos de amostragem</i>	54
<i>Figura 13: Razão de Mistura em ppbv de Benzaldeído nos pontos de amostragem</i>	56
<i>Figura 14: Razão de Mistura em ppbv de Isovaleraldeído nos pontos de amostragem</i>	58
<i>Figura 15: Razão de Mistura em ppbv de Valeraldeído nos pontos de amostragem</i>	60
<i>Figura 16: Razão de Mistura em ppbv do 2,5-Dimetilbenzaldeído nos pontos</i>	62

*de amostragem*

- Figura 17 : Cromatograma do eluente proveniente da dessorção térmica do cartucho (tenax;carbotrap), após realização do processo de limpeza. 65
- Figura 18: Cromatograma das substâncias identificadas na Área Externa do HU no período da Manhã. 2)Isopentano 3) Triclorofluormetano 4) Acetonitrila, 5) Cloreto de metileno, 6) n-Hexano. Os demais não foram identificados. 65
- Figura 19: Abundância dos COV identificados (Área Externa, Período Manhã e : Tarde) 66
- Figura 20: Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Manhã e Tarde). 69
- Figura 21: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Manhã e Tarde). 71
- Figura 22: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório Didático, Período : Tarde). 73
- Figura 23: Abundância dos COV identificados., (Local : Endoscopia, Período : Tarde). 74
- Figura 24: Abundância dos COV identificados. (Local :Serviço de Higienização e Limpeza, Período : Manhã). 75
- Figura 25: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterilização, Período : Manhã e Tarde). 76
- Figura 26: Abundância dos COV identificados. (Local :Macroscopia, Período : Manhã e Tarde) 77
- Figura 27: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Manhã e Tarde) 78



## ÍNDICE DE TABELAS

	página
Tabela 01: Tipos de poluentes e suas fontes	20
Tabela 02 : Classificação dos COV	21
Tabela 03: Fatores de risco freqüentes que causam os danos possíveis do desconforto a saúde em departamentos cirúrgicos	23
Tabela 04: Limites Nacionais (1) e Internacionais (2) de Razão de Mistura de formaldeído, acetaldeído , acetona, acroleína e crotonaldeído	24
Tabela 05: Gradiente utilizado no método de análise para Compostos Carbonílicos (CLAE)	31
Tabela 06: Limites de Detecção e Quantificação	33
Tabela 07: Substâncias utilizadas nas amostragens e análise de COV.	35
Tabela 08: Dados de monóxido de arbono, dióxido de carbono, umidade relativa, temperatura e intensidade de luz, obtidos no início e no final da amostragem de compostos carbonílicos realizados na Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização, Macroscopia, Técnicas Histológicas e Serviço de Higienização e Limpeza.	36
Tabela 09: Dados de monóxido de arbono, dióxido de carbono, umidade relativa, temperatura e intensidade de luz, obtidos no início e no final da amostragem de compostos carbonílicos realizados no Almoxarifado, Endoscopia, Laboratório de Coleta, Laboratório Didático e Área Externa.	37
Tabela 10 : Resumo das informações obtidas através do questionário respondido por funcionários do HU.	38
<i>Tabela 11: Razão de mistura de formaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	41
<i>Tabela 12: Razão I/E de formaldeído nos pontos de amostragem</i>	41
<i>Tabela 13: Razão de mistura de acetaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	44
<i>Tabela 14: Razão I/E de acetaldeído nos pontos de amostragem</i>	44

<i>Tabela 15: Razão de mistura de acetona (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	46
<i>Tabela 16: Razão I/E de acetona nos pontos de amostragem</i>	47
<i>Tabela 17: Razão de mistura de acroleína (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	48
<i>Tabela 18: Razão I/E de acroleína nos pontos de amostragem</i>	49
<i>Tabela 19 : Razão de mistura de propionaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	50
<i>Tabela 20: Razão I/E de propionaldeído nos pontos de amostragem</i>	51
<i>Tabela 21 : Razão de mistura de crotonaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	52
<i>Tabela 22: Razão I/E de crotonaldeído nos pontos de amostragem</i>	53
<i>Tabela 23 : Razão de mistura de butiraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	54
<i>Tabela 24: Razão de mistura de butiraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	55
<i>Tabela 25 : Razão de mistura de benzaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	56
<i>Tabela 26: Razão I/E de benzaldeído nos pontos de amostragem</i>	57
<i>Tabela 27: Razão de mistura de isovaleraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	58
<i>Tabela 28: Razão I/E de isovaleraldeído dos pontos de amostragem</i>	59
<i>Tabela 29: Razão de mistura de valeraldeído (ppbv) dos pontos de amostragem</i>	60
<i>Tabela 30: Razão I/E de valeraldeído nos pontos de amostragem</i>	61
<i>Tabela 31: Razão de mistura de 2,5-Dimetilbezaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem</i>	62
<i>Tabela 32: Razão I/E de 2,5-Dimetilbezaldeído nos pontos de amostragem</i>	63
<i>Tabela 33 : Faixa avaliada de razões de mistura dos compostos carbonílicos nos 10 pontos de amostragem</i>	64
<i>Tabela 34: Abundância dos COV identificados (área externa, manhã).</i>	67
<i>Tabela 35: Abundância dos COV identificados (área externa, tarde).</i>	67
<i>Tabela 36 Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Manhã).</i>	70

Tabela 37: Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Tarde).	70
Tabela 38: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Manhã).	72
Tabela 39: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Tarde).	72
Tabela 40: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Didático, Período : Manhã).	73
Tabela 41: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Didático, Período : Tarde)	74
Tabela 42: Abundância dos COV identificados. (Local : Endoscopia, Período : Manhã).	75
Tabela 43: Abundância dos COV identificados (Local : Serviço de Higienização e Limpeza, Período : Tarde).	75
Tabela 44: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterilização, Período : Manhã).	76
Tabela 45: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterização, Período : Tarde).	77
Tabela 46: Abundância dos COV identificados. (Local : Macroscopia, Período : Manhã).	77
Tabela 47: Abundância dos COV identificados. (Local : Macroscopia, Período : Tarde).	78
Tabela 48: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Manhã).	79
Tabela 49: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Tarde).	79
Tabela 50: Volume minuto em diversas atividades para adulto saudável	80

## SUMÁRIO

	página
1.Introdução	16
2. Objetivos	26
3. Parte experimental	28
3.1. Características da amostragem	29
3.1.1. Sítios de amostragem	29
3.1.2. Períodos de amostragem	29
3.2. Análise dos COV	29
3.2.1. Determinação dos compostos carbonílicos no ar	28
3.2.2. Análise de COV por cromatografia gás (CG)	33
3.2.3. Análise dos COV	34
3.2.4. Materiais, reagentes e solventes	35
3.2.5. Medidas químicas e físicas	35
3.2.6. Informações sobre a ocupação dos ambientes internos estudados.	38
4. Resultados e Discussões	39
4.1. Dados referentes a compostos carbonílicos	40
4.1.1. Avaliação do formaldeído nos ambientes internos estudados	40
a) Nas salas de Técnicas Histológicas e Macroscopia.	42
b) Nas salas do Serviço de Higienização e Limpeza e da Farmácia.	42
c ) Nas salas da Endoscopia, Laboratório Didático, Almoxarifado, Centro de Materiais de Esterilização, Laboratório de Coleta.	42
4.1.2. Avaliação do acetaldeído nos ambientes internos estudados	43
4.1.3. Avaliação da acetona nos ambientes internos estudados	46
4.1.4. Avaliação da acroleína nos ambientes internos estudados.	48
4.1.5. Avaliação do propionaldeído nos ambientes internos estudados	50
4.1.6. Avaliação do crotonaldeído nos ambientes internos estudados	52
4.1.7. Avaliação do butiraldeído nos ambientes internos estudados	54
4.1.8. Avaliação do benzaldeído nos ambientes internos estudados	56
4.1.9. Avaliação do isovaleraldeído nos ambientes internos estudados	58
4.1.10. Avaliação do valeraldeído nos ambientes internos estudados	60
4.1.11. Avaliação do 2,5-Dimetilbenzaldeído nos ambientes internos estudados	62
4.1.12 Resumos das razões de mistura encontrados nos pontos de amostragem	63

4.2. Dados referentes a COV (com exceção dos compostos carbonílicos).	64
4.2.1. Avaliação dos COV identificados na Área Externa	66
4.2.2. Avaliação dos COV identificados na Farmácia	69
4.2.3. Avaliação dos COV identificados no Laboratório de Coleta	71
4.2.4. Avaliação dos COV identificados no Laboratório Didático	723
4.2.5. Avaliação dos COV identificados na Endoscopia	74
4.2.6. Avaliação dos COV identificados no Centro de Materiais de Esterilização	76
4.2.7. Avaliação dos COV identificados na sala da Macroscopia	77
4.2.8. Avaliação dos COV identificados na sala de Técnicas Histológicas	78
4.3. Estimativa da exposição do trabalhador à formaldeído	79
5. Conclusões	81
7. Trabalhos Futuros	82
8. Referências Bibliográficas	83

### **Anexos:**

Anexo 1: Toxicidade dos COV identificados

Anexo 2: Formulários respondidos pelos funcionários do Hospital Universitário

## ***SÚMULA CURRICULAR***

### **DADOS PESSOAIS**

**Ivan Alexandre Petroni**

Araraquara, 13 de Outubro de 1971

### **1. EDUCAÇÃO**

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 1998.

Graduação: Bacharel em Química

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2001.

Mestrado em Química Analítica.

"Preparação, Caracterização e Estudo Termoanalítico dos 4-Metilbenzalpiruvatos de alguns Metais de Transição Bivalentes" 2001.

### **2. OCUPAÇÃO**

Analista Químico Jr – Novartis Biociências S/A

Analista de Registro– Rilegui Assuntos Regulatórios

Responsável Técnico – Comercial Surimpex Ltda

Analista Pleno - Novartis Biociências S/A

Atualmente: Pesquisador Jr. – Apsen Farmacêutica S/A

### **1.PUBLICAÇÕES**

PETRONI, I. A. ; FERTONANI, F. L. ; MELIOS, C. B. ; IONASHIRO, M. Synthesis, characterisation and thermal behaviour of solid state compounds of 4-methylbenzylidenepyruvate with some bivalent metal ions. *Thermochimica Acta*, USA, v. 400, p. 187-198, 2003.

Petroni, I.A.; Hara, A. H.; Tallarico, A. A.; Sobreira, C. R. B.; Cilense, M. Influência de adições de prata na cinética de recristalização da liga CU-5%Al (2000) . *Eclética Química*, v. 25, n.1, 2000.

I Pan-American and II Brazilian Congress on Thermal Analysis and Calorimetry. I Pan-American and II Brazilian Congress on Thermal Analysis and Calorimetry. 2000. (Congresso).

# 1.INTRODUÇÃO

## *1. Introdução*



Poluentes no ar e seus impactos na saúde humana são questões de grande interesse público, nas cidades e áreas metropolitanas. O problema da poluição do ar interno que ocorre em residências, e em ambientes de trabalho não industriais, também tem sido alvo de interesse de pesquisadores e autoridades regulatórias. Numerosos estudos científicos têm mostrado que, o ar interno de edifícios e residências possui uma variedade de contaminantes na fase particulada e gasosa, que podem estar presentes em concentrações suficientes para prejudicar a saúde das pessoas expostas. Estes contaminantes podem ser considerados poluentes, quando causam efeitos prejudiciais à saúde humana [1, 2, 3].

Os poluentes do ar externo podem ser provenientes de emissões naturais e antropogênicas. As emissões veiculares e as industriais são exemplos de fontes antropogênicas, sendo que os veículos são as principais fontes que contribuem para a poluição do ar em centros urbanos [4, 5, 6]. Embora os programas de controle da qualidade do ar se preocupam com a poluição do ar gerado por industriais e veículos, é importante salientar que a natureza pode também contribuir para a poluição através de emissões biogênicas [7].

Os poluentes do ar interno podem ser provenientes de materiais de construção e acabamento, materiais de limpeza, solventes orgânicos, etc [8, 9]. Outros fatores que exercem influência sobre a qualidade do ar interno são o layout do prédio, o tipo de atividade que é desenvolvida no ambiente e o tipo de ventilação, ventilador ou circulação de ar condicionado [9].

No hemisfério norte, com a crise do petróleo na década de 70, houve a necessidade do racionamento de energia e para manter o aquecimento dentro dos ambientes internos, foi utilizado o processo de calafetação. Nesse processo houve uma diminuição da taxa de troca de ar interno com o ar externo, o que gerou uma maior emissão de poluentes provenientes das fontes internas [8, 10].

Após a implantação desse sistema, apareceram os primeiros relatos de queixas relativas à saúde e conforto dos ocupantes de ambientes internos [11]. O primeiro estudo feito em 1983 [12], realizado em prédios de escritórios, relatou queixas associadas a cefaléia, letargia, sintomas de congestão, prurido nasal, coriza, lacrimejamento, prurido ocular e sensação de opressão torácica. Essas queixas eram mais freqüentes em funcionários alocados em edifícios com sistemas de ar condicionado, quando comparados aos de ventilação natural. Estudos de Sterling e colaboradores mostraram o aumento da taxa de absenteísmo em funcionários transferidos de um prédio com ventilação natural para outro de ventilação artificial [12, 13].

Na década de 80 foram realizados cerca de 5000 estudos relatando a existência da chamada “Síndrome dos Edifícios Doentes”. A Síndrome dos Edifícios Doentes ocorre em ambientes internos que contêm poluentes que causam sintomas como cefaléia, problemas oculares (irritação, dor, secura, prurido ou lacrimejamento), sintomas nasais (obstrução, coriza e irritação), sintomas de orofaringe (irritação, secura ou dor), problemas para manter a concentração no trabalho. A maioria destes sintomas causados por essa síndrome desaparecem após seus ocupantes deixarem o ambiente [14].

Nesta mesma década foi realizado um estudo sobre ambientes internos contendo sistema de ar condicionado, com a participação de 4369 funcionários de prefeituras holandesas e foram averiguados sintomas como irritação da mucosa, cefaléia [14, 15].

Com a chegada dos anos 90, as mudanças do estilo de vida da população urbana foram se consolidando e atualmente os habitantes das grandes cidades gastam cerca de 90% de seu tempo em ambientes internos e a qualidade do ar de ambientes internos, tornou-se um assunto de extrema importância mundial [9, 16, 17]. Desta forma, uma ênfase crescente vem sendo dada à poluição do ar em ambientes internos e os efeitos tóxicos à saúde causados pelos poluentes do ar tem sido alvo de interesse dos pesquisadores. Como as pessoas passam a maioria do tempo em ambientes internos, a qualidade do ar interno é um fator importante a ser estabelecido [7].

Recentemente foi feito um inventário sobre as pesquisas relacionadas com os vários fatores que podem influenciar o ambiente interno e conseqüentemente à saúde e o bem-estar das pessoas [17]. Este inventário IERIE (Inventory of European Research on the Indoor Environment) é um levantamento importante sobre dados das pesquisas referentes ao ambiente interno que permite avaliar a qualidade do ar de diversos ambientes para estabelecer as mudanças necessárias nesta área. Dos 180 projetos, 17% são associados com modelos de interiores, 27% são estudos da avaliação da exposição e 50% são ligados com os fenômenos químicos e físicos. Dentre estes 180 projetos, 56 estão associados com o monitoramento dos poluentes, sendo que 46% envolve o estudo dos materiais particulados, 26% é referente à compostos orgânicos voláteis (COV), 5% refere-se a odores, 16% é referente a estudos sobre alergia e 11% é sobre monitoramento pessoal Um total de 15 projetos, envolve o estudo de COV em ambientes internos, destacando as características dos filtros de ar, da pintura e dos adesivos ligados aos edifícios. Os países que conduzem estes estudos são principalmente o Reino Unido e a Finlândia, mas outros países também estão envolvidos, como a Bélgica, França, Alemanha, Grécia, Polônia, Eslováquia, Estônia, Suíça e Suécia.

O método analítico tradicionalmente utilizado para a determinação de compostos carbonílicos, aldeídos e cetonas, é a cromatografia a líquido com detecção por espectrofotometria de absorção na região do UV-visível. A amostra de ar é coletada utilizando-se um cartucho de sílica impregnado com um reagente derivatizante, o 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) [18-22]. Pereira e colaboradores [23] propuseram uma metodologia alternativa para análise de aldeídos de baixo peso molecular, em ambientes internos e externos. O fundamento do método baseou-se no uso de uma gota de solução reagente 3-metil-2-benzoatiazona hidrazona (MBTH), como interface, para amostrar no ar os aldeídos gasosos. Neste método são realizadas medidas de absorbância diretamente na gota, logo após a amostragem, fornecendo resultados próximos ao tempo real.

Os outros COV como os alcanos, alcenos, compostos aromáticos, entre outros, são determinados normalmente por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (GC-MS). A amostra de ar é coletada utilizando-se um tubo de adsorção contendo os adsorventes tenax e carbotrap [16, 24, 25].

O grupo dos COV engloba mais de 600 diferentes tipos de compostos orgânicos [26]. Os compostos carbonílicos fazem parte dos compostos orgânicos voláteis e tem recebido atenção especial em estudos da poluição do ar interno devido aos seus efeitos prejudiciais à saúde do homem [27].

O formaldeído está presente em praticamente todos os ambientes internos, em níveis frequentemente maiores do que as medidas simultaneamente realizadas no ar externo [28]. A principal fonte de emissão interna de formaldeído está relacionada com a utilização de resinas de uréia-formaldeído e dos produtos construídos com madeira aglomerada. Este composto também é utilizado em produtos de papel de consumo tratados com essas resinas, nos produtos de limpeza, em adesivos, isolantes e repelentes de água, em carpetes, etc [29]. Outras fontes de formaldeído incluem a combustão de gás natural, querosene e a combustão de tabaco [30, 32].

Acroleína, formaldeído, acetona e acetaldeído foram observadas na fumaça de cigarro no ar de ambientes internos [30]. Além disso, os próprios seres humanos são fontes potenciais dos compostos carbonílicos através da emissão de bio-efluentes, decorrentes do seu metabolismo. Dentre eles, cita-se a acetona, e o acetaldeído que podem ser emitidos em taxas de 69 e 7 mg/dia por pessoa, respectivamente [7].

A Tabela 01, está apresentado alguns tipos de poluentes internos e suas fontes de emissão.

Tabela 01: Tipos de poluentes e suas fontes [8]

Ambiente	Fontes	Poluentes
Residência	<i>Fogão a gás</i>	NO <sub>2</sub> , CO, Hidrocarbonetos gasosos
	Fogão a lenha, Fotocopiadoras	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)
	Materiais de Construção	Formaldeído, COV, radônio
	<i>Mobílias</i>	Formaldeído, COV, radônio
Escritório	Atividades de limpeza	COV
	Fumo	CO, COV, HPA, Fenóis
	Mobílias	Formaldeído, COV, radônio
	Ar Condicionado	Agentes biológicos, ar externo

Muitos estudos sobre COV realizados pela *World Health Organization* (WHO) [31, 32] e pela U.S. Environmental Protect Agency (EPA) [33, 34], mostram os impactos destes poluentes no ambiente interno, evidenciando os possíveis efeitos prejudiciais à saúde humana. A classe dos COV inclui os hidrocarbonetos não-metálicos saturados e insaturados e compostos orgânicos oxigenados, tais como ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres e alcoóis [26].

Os poluentes do ar presentes nos ambientes internos podem ser gerados dentro do próprio prédio ou podem ter sido originados do ambiente externo. Os contaminantes originários do ambiente interno podem ser gerados por uma específica e limitada fonte, ou por várias fontes. Estes contaminantes podem ser gerados periodicamente ou continuamente [7].

Os COV podem ser classificados por faixas de pontos de ebulição de seus compostos.

Na Tabela 02 é apresentada a classificação dos COV e seus métodos típicos de coleta.

Tabela 02 : Classificação dos COV [25].

<i>Classe</i>	<i>Descrição</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Faixa de ponto de ebulição (°C)</i>	<i>Métodos típicos de coleta</i>
1	Compostos Orgânicos Muito Voláteis (gases)	COMV	< 0 a 50 – 100	Adsorção em carvão ativo
2	Compostos Orgânicos Voláteis	COV	50 – 100 a 240 -260	Adsorção em Tenax, carvão ativo
3	Compostos Orgânicos Semi-Voláteis	COSV	240 – 260 a 380 - 400	Adsorção em espuma de poliuretano ou XAD-2
4	Compostos Orgânicos associados com Material Particulado ou Material Particulado Orgânico	MPO	> 380	Filtros

A razão de mistura do poluente interno em relação ao poluente externo (I/E), fornece uma indicação se os poluentes avaliados no ambiente interno tem como origem, fontes internas ou se estes poluentes estão sendo transportados por correntes de ar do ambiente externo para o ambiente interno [7].

Nos últimos anos, alguns estudos sobre a qualidade do ar em diferentes ambientes internos estão sendo realizadas no Brasil. Tais estudos têm um papel importante na análise de riscos à saúde humana por exposição a poluentes tóxicos no ar em ambientes internos. Nas grandes cidades brasileiras, a preocupação com a poluição interna esta cada vez mais acentuada, uma vez que a qualidade de vida de seus ocupantes está diminuindo em consequência da exposição cada vez maior em relação a estes poluentes [7-9, 35, 36].

No Brasil, o Ministério da Saúde [37] publicou a Portaria 3523 de 28 de agosto de 1998, contendo Regulamento Técnico, que visa promover o estabelecimento de medidas referentes à limpeza dos sistemas de climatização e medidas específicas de padrões da qualidade do ar, identificando poluentes de natureza física, química e biológica, com suas respectivas fontes, visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes desses ambientes. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, em decorrência da Portaria 3523, publicou a Resolução 176 de 24 de outubro de 2000 [38], com algumas orientações técnicas sobre Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Essa Resolução define os parâmetros mínimos para uma boa qualidade do ar de interiores, como a concentração de CO e material particulado (MP), temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Outros parâmetros, como medidas de COV, ainda estão sendo estudados, para que a sua influência sobre os ocupantes possa ser avaliada e os seus limites possam ser estabelecidos.

Um das primeiras pesquisas realizadas no Brasil sobre os compostos carbonílicos em ambientes internos foi em 1990 [39], quando os níveis de carbonilas foram registrados em três cidades brasileiras, São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador. Nesse estudo enfocou-se a relação entre os níveis de acetaldeído e o uso de etanol como combustível. Também foram estudados os níveis de aldeídos e carbono total no Museu de Arte Contemporânea de São Paulo. Nesses estudos, a relação I/E indicou que as fontes de poluentes internos foram predominantes.

Brickus e colaboradores [40] avaliaram a qualidade do ar de interiores em um edifício de escritórios no Rio de Janeiro. Foram analisados compostos orgânicos voláteis totais (COVT), materiais particulados totais (MPT), aldeídos, nicotina e partículas inaláveis em suspensão (PIS). As razões de mistura de acetaldeído foram maiores que as de formaldeído e as razões de mistura de COVT foram maiores no ambiente interno comparado com o externo. A relação I/E para COVT foi maior que 1, o que indica que os COVT encontrados no ar interno são provenientes principalmente de fontes internas.

Pires e Carvalho [7] estudaram a presença de compostos carbonílicos de baixo peso molecular (C1-C4) e glutaraldeído em 14 locais amostrados (laboratório, museu, hospital, escritório, residência, escola) em São Paulo. Formaldeído foi a espécie mais abundante, seguido por acetona e acetaldeído, com uma pequena contribuição de propanal, crotonaldeído e isômeros C4.

Dentre os diversos ambientes internos de trabalho, os hospitais têm sido um alvo de interesse de pesquisadores, uma vez que, estudos têm mostrado a presença de vários poluentes químicos e contaminantes biológicos no ar interno [41].

Considerando os desinfetantes químicos, Nosková [42] e colaboradores realizaram estudos sobre fatores de risco que causam danos e desconforto a saúde em departamentos cirúrgicos. Os possíveis riscos à saúde humana causados por poluentes químicos e contaminantes biológicos presentes em hospitais estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03: Fatores de risco freqüentes que causam os danos possíveis do desconforto a saúde em departamentos cirúrgicos [42].

Riscos ambientais	Riscos à saúde	Indicadores da avaliação
Através do uso descontrolado dos produtos químicos e de substâncias tóxicas	Danos à saúde por meio de gases tóxicos, anestésicos, drogas citotóxicas. Alergias dos desinfetantes e outras substâncias.	Análise de poluentes químicos e dos limites permitidos para esses.
Falta de salas adequadas para cirurgia.	Contaminações químicas, alergias, infecções.	Avaliação microbiológica, química e física.

Limites permitidos de COV em ambientes internos não ocupacionais ainda não existem e até o momento, se tem os limites estabelecidos para ambientes internos industriais. Na Tabela 04 estão apresentados alguns limites definidos por diversas agências internacionais de controle ambiental como a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Occupational Safety and Health Administration (OSHA), The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) e alguns limites estabelecidos por órgãos nacionais, como o Ministério do Trabalho que regulamentou a Norma Regulamentadora 15 (NR-15), baseada na Lei nº 6.514, de 22 de Dezembro de 1977, a Secretaria do Estado da Administração de Florianópolis (SEA), no uso de suas atribuições que lhe confere o artigo 11 do Decreto nº 975, de 25 de junho de 1996 elaborou a Portaria n.2.466/96/SEA e a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO) que segue os limites da ACGIH.

Tabela 04: Limites Nacionais (1) e Internacionais (2) de Razão de Mistura de formaldeído, acetaldeído, acetona, acroleína e crotonaldeído [28, 43-46].

Poluente	SEA <sup>1</sup> 48h (ppbv)	NR 15 <sup>1</sup> 48h (ppbv)	ABHO <sup>1</sup> STEL (ppbv)	ACGIH <sup>2</sup> STEL (ppbv)	OSHA <sup>2</sup> 8h/dia PEL (ppbv)	NIOSH <sup>2</sup> IDLH (ppbv)
Formaldeído	1,6.10 <sup>3</sup>	1,6.10 <sup>3</sup>	300	300	731,7	2032,5
Acetaldeído	78.10 <sup>3</sup>	78 .10 <sup>3</sup>	25.10 <sup>3</sup>	25.10 <sup>3</sup>	200. 10 <sup>3</sup>	2000. 10 <sup>3</sup>
Acetona	780.10 <sup>3</sup>	780.10 <sup>3</sup>	750.10 <sup>3</sup>	750.10 <sup>3</sup>	-----	-----
Acroleína	-----	-----	100	100	-----	-----
Crotonaldeído	-----	-----	300	300	-----	-----

*SEA : Secretaria de Estado da Administração*

*NR 15: - Norma Regulamentadora - 15*

*ABHO : Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais*

*NIOSH: National Institute of Occupational Safety and Health's*

*ACCIH: American Conference of Governmental and Industrial Hygienists*

*OSHA : Occupational Safety and Health Administration*

*IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health Limit*

*TWA: Limite – Média Ponderada (8 horas )*

*PEL: Permissible Exposure Limit*

*STEL : Short Term Exposive Limit*

*----- : As agências não fornecem estes dados.*

A conferência realizada na Califórnia, EUA, em 2002, sobre a qualidade de ar interno e clima, apresentou vários estudos em ambientes internos [47], Figura 01.



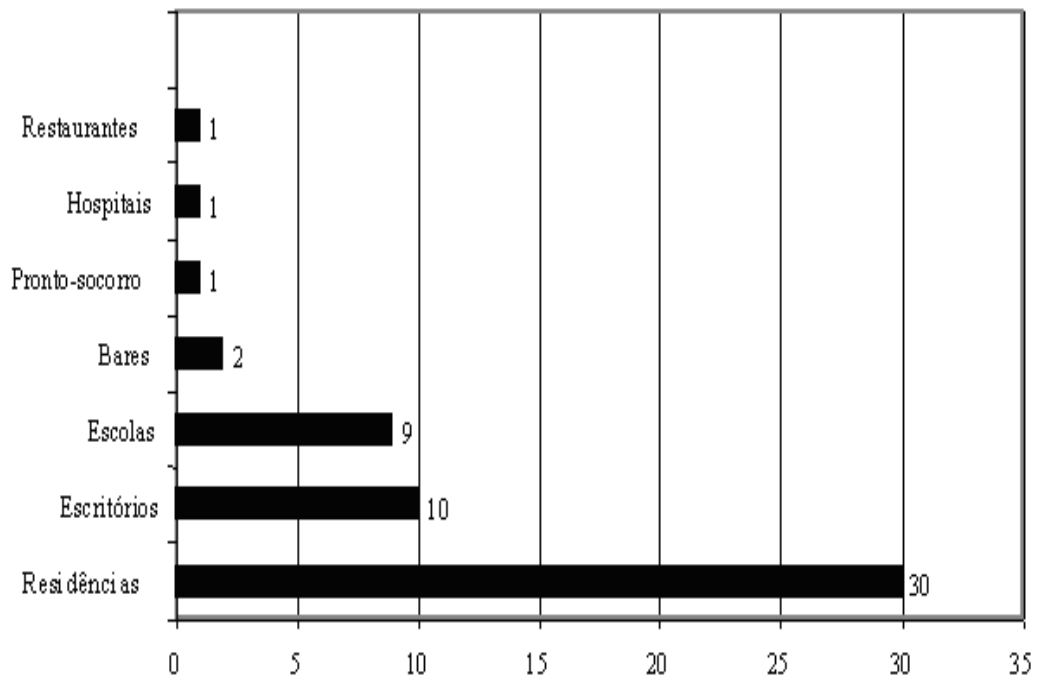


Figura 01: Número de projetos da IERIE, que envolvem estudos específicos de alguns tipos de ambientes internos [47].

Até o momento, observa-se um número pouco expressivo de trabalhos relacionados em ambientes internos de hospitais, assim como, pouco se sabe sobre as principais fontes de poluição do ar desses ambientes.

## 2. Objetivos

## 2. Objetivos

- a) Determinar qualitativamente os compostos orgânicos voláteis (com exceção dos Compostos Carbonílicos) presentes no ar do ambiente interno do Hospital Universitário (HU), localizado no campus da Universidade de São Paulo - Capital, com a finalidade de avaliar se estes poluentes estão sendo gerados por fontes internas ou externas.
- b) Avaliar os níveis de razão de mistura dos compostos carbonílicos encontrados, comparando com os limites máximos permitidos por órgãos internacionais e nacionais como a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais.
- c) Relacionar os COV encontrados com a sua toxicidade.

### 3. Parte Experimental

### 3. Parte experimental

#### 3.1. Características da amostragem

##### 3.1.1. Sítios de amostragem

Os sítios de amostragens foram as áreas internas do Hospital Universitário (HU), localizado na zona oeste da cidade de São Paulo - Capital.

Pontos de Coleta: Macroscopia (M)\*, Técnicas Histológicas (TH)\*, Serviço de Higienização e Limpeza (SHE)\*, Farmácia (F)\*, Endoscopia (E)\*\*, Laboratório Didático (LD)\*\*, Almojarifado (A)\*, Centro de Materiais de Esterilização (CME)\*, Laboratório de Coleta (LC)\*\* e na Área Externa (AE).

(\*) Localizados no 1º andar, (\*\*) Localizado no 2º andar

A amostragem externa foi realizada em 2 pontos: Na área externa a janela do LD e na piso da área externa abaixo da janela do LD.

##### 3.1.2. Períodos de amostragem

As campanhas de amostragem foram realizadas em duas etapas: os compostos carbonílicos foram amostrados nos dias 18 (F, CME e AE), 19 (M e TH e AE), 20 (SHE, A e AE) e 21 (E, LC, LD e AE) de julho de 2006; e os demais COV foram amostrados nos dias 11 (F e CME), 16 (M e TH), 18 (SHE e A) e 25 de julho (E e LC) e, 1 de agosto de 2008 (LD e AE). Nas duas campanhas, as amostragens foram realizadas nos períodos da manhã (8:00 – 12:00 h) e tarde (13:00 – 17:00 h).

#### 3.2. Análise dos COV

##### 3.2.1. Determinação dos compostos carbonílicos no ar.

As amostras de ar foram coletadas com o auxílio de uma bomba previamente calibrada em  $2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Para corrigir o volume de ar coletado em cada microcoluna, o fluxo de ar foi medido no início e no final de cada coleta com tempo de amostragem de 60 min [22]. As coletas foram realizadas com o emprego de cartuchos Sep-Pak (Waters) de sílica impregnado com 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) e cartuchos de KI (Waters). O cartucho de KI foi

colocado na entrada do cartucho de sílica, para a remoção de artefatos de amostragem por influência de oxidantes, tais como, o ozônio.

O mecanismo de reação dos compostos carbonílicos com o reagente DNPH está ilustrado na Figura 02.

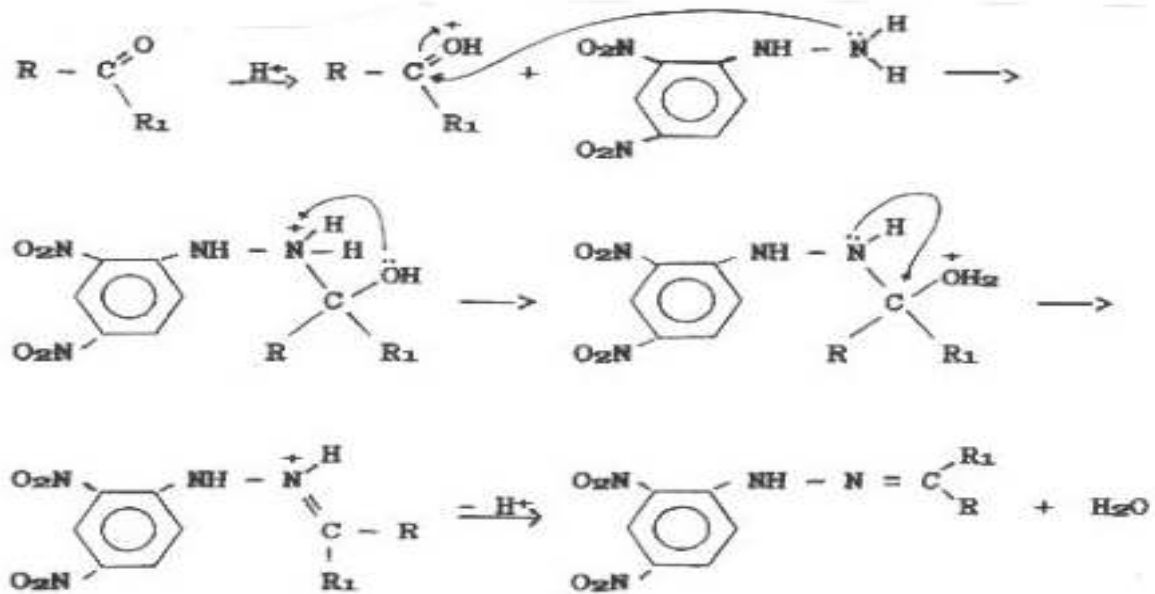


Figura 02: Mecanismo de reação entre um composto carbonílico e o 2,4-dinitrofenilhidrazina

Após a coleta, as extremidades dos cartuchos foram seladas com fita Teflon até a extração das hidrazonas. A extração foi realizada no mesmo dia da coleta ou no dia posterior, para evitar a eventual contaminação ou perda dos compostos coletados.

Os compostos carbonílicos retidos nos cartuchos foram eluídos com 3 mL de acetonitrila (MeCN). As hidrazonas e o excesso de DNPH, foram coletados em um balão volumétrico de 5 mL completando o volume com MeCN. O extrato foi mantido em geladeira até a realização da análise.

Para a análise dos compostos de interesse foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE da Shimadzu, modelo LC-10-A) com válvula de injeção Rheodyne e loop de amostra de 20 µL. Para a separação dos compostos carbonílicos foi utilizado uma coluna da marca Phenomenex N° 00G-4435-E0, Gemini C18, 110A (250 x 4,6 mm, 5µm) conectada a uma pré-coluna Shim-pack G-ODS(4), com 1 cm de comprimento e 4 mm de diâmetro interno, operadas a temperatura 25°C. A detecção foi feita por um detector espectrofotométrico de absorção no UV-Vis, a 360 nm, modelo UV-Vis SPD-10AV. A aquisição e o processamento dos dados foram feitos em dois módulos: Sistema de controle

modelo SCL-10A (Shimadzu) e Programa Shimadzu Class-VP, para processamento dos dados.

A determinação dos compostos carbonílicos no ar foi feita conforme o método oficial da Agência Americana de Proteção Ambiental, US EPA, método TO-11A [22].

A determinação dos compostos foi feita empregando uma solução padrão TO11/IP-6A Aldeídos e Cetonas (47285-U), comercializada pela Supelco, constituída de uma mistura de 15 carbonílicos derivatizados ( $C_1$  a  $C_8$ ) com grau de pureza de 99% em razão de mistura de 3 ppm de cada carbonílico. Para a quantificação dos compostos carbonílicos foi construída uma curva analítica pelo método de calibração externa utilizando-se soluções do padrão de hidrazonas na razão de mistura de 50, 80, 150, 250 e 300 ppb de carbonílicos.

A eluição da fase móvel (fase A: 40% acetonitrila e 60% de água ultra-pura e fase B: 20% tetrahidrofurano e 80% acetonitrila) foi feita por gradiente conforme o programa de eluição mostrado na Tabela 05:

Tabela 05: Gradiente utilizado no método de análise para Compostos Carbonílicos (CLAE)

Tempo (min)	% Fase Móvel A	% Fase Móvel B
0,01	70	30
5,01	100	0
17,00	50	50
25,00	50	50
25,01	70	30
27,00	70	30

A Figura 03 mostra um cromatograma da mistura dos padrões de carbonil-hidrazonas.

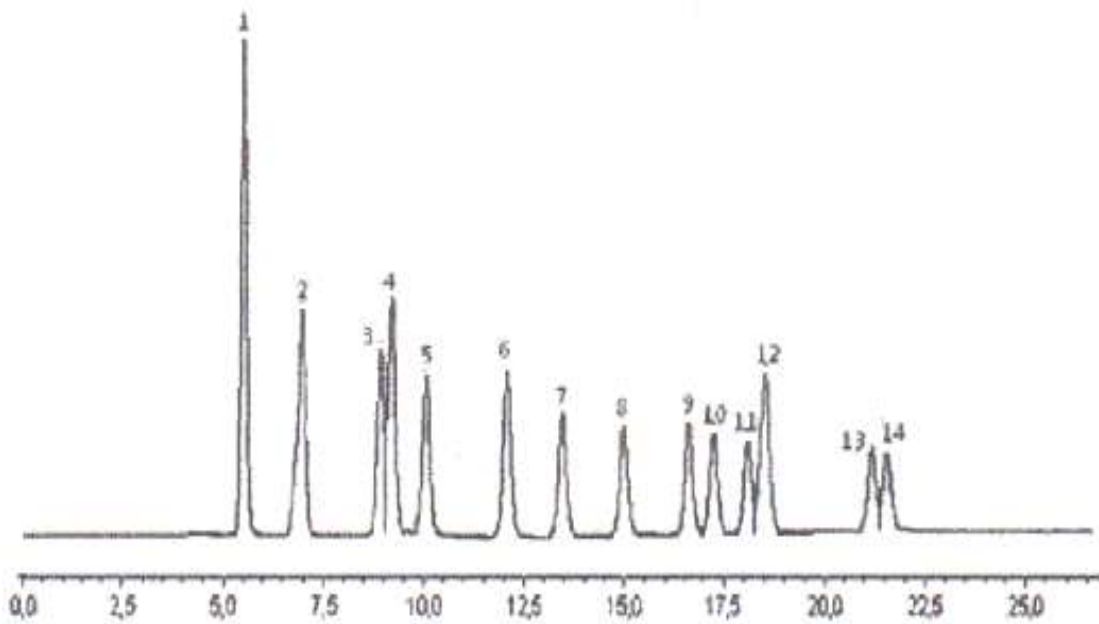


Figura 03: Cromatograma da mistura de carbonil-hidrazonas, 1)Formaldeído, 2)Acetaldeído, 3)Acetona, 4)Acroleína, 5)Propionaldeído, 6)Crotonaldeído, 7)Butiraldeído, 8)Benzaldeído, 9)Isovaleraldeído, 10)Valeraldeído, 11)o-Tolualdeído, 12)m/p-Tolualdeído, 13) Hexaldeído e 14) 2,5-dimetilbenzaldeído.

Na Tabela 06 é mostrado os limites de detecção (LD) e limites de quantificação (LQ) dos compostos carbonílicos estudados. Para obtenção da curva de calibração foram injetados as cinco soluções dos padrões em triplicata.

Para obtenção do LD e LQ [48] empregou-se as seguintes equações, respectivamente:

$$LD = 3,3 \frac{s}{S} \quad \text{e} \quad LQ = 10 \cdot \frac{s}{S},$$

s é o desvio padrão da reta de calibração e S é a inclinação, ou coeficiente angular da curva de calibração.



Tabela 06: Limites de Detecção e Quantificação

Composto	LD (ppbv)	LQ (ppbv)	Composto	LD (ppbv)	LQ (ppbv)
Formaldeído	0,011	0,034	Benzaldeído	0,006	0,019
Acetaldeído	0,009	0,026	Isovaleraldeído	0,004	0,013
Acetona	0,004	0,013	Valeraldeído	0,004	0,013
Acroleína	0,005	0,016	o-Tolualdeído	0,010	0,030
Propionaldeído	0,006	0,018	m/p-Tolualdeído	0,003	0,008
Crotonaldeído	0,004	0,011	Hexaldeído	0,008	0,024
Butiraldeído	0,005	0,016	2,5-dimetilbenzaldeído	0,017	0,051

### 3.2.2. Análise de COV por cromatografia gás (CG)

Para a amostragem de COV foram utilizados tubos de adsorção (9 cm x 0,6 cm) contendo 100 mg do adsorvente *Tenax TA 60/80* (Supelco) e 50 mg do adsorvente *Carbotrap*<sup>TM</sup> 20/40 (Supelco) separados por lã de vidro, como mostra a Figura 04 [24, 25].

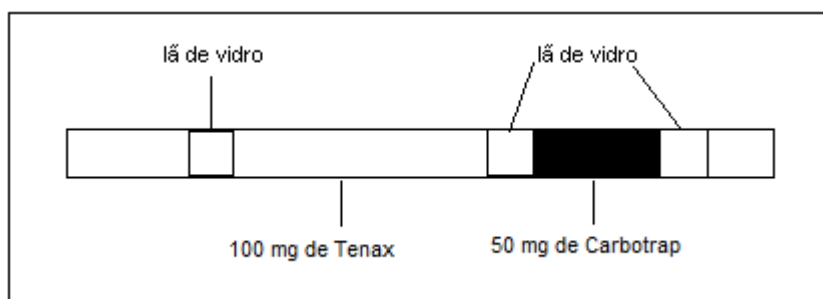


Figura 04 - Tubo de adsorção usado para amostragem de COV

Os tubos de adsorção foram previamente limpos passando um fluxo de nitrogênio industrial não inferior a  $30 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  através dos tubos, durante um período de 14 h a uma temperatura de  $300^\circ\text{C}$  [49]. Estes tubos foram instalados em um sistema apropriado, mostrado na Figura 05.

Após a limpeza dos tubos, estes foram colocados em tubos de vidro apropriados e fechados hermeticamente, evitando-se o contato dos adsorventes com o ar. Os tubos de adsorção limpos foram guardados em freezer até a realização das coletas.



Figura 05 – Sistema de limpeza dos tubos de adsorção (Tenax / Carbotrap)

### 3.2.3. Análise dos COV

A amostragem dos COV foi realizada coletando 10 L de ar, através de um tubo de adsorção contendo os adsorventes (Figura 04), utilizando para isto, uma bomba de sucção, previamente calibrada, na vazão de  $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ , sendo o tempo total de coleta de 10 min [24, 25]. Para a separação e identificação dos COV foram utilizados os seguintes equipamentos: Dessorção Térmica marca Tekmar, modelo AEROTrap 6000; Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas quadrupolo (GC-MS) marca Shimadzu, modelo QP-5050<sup>A</sup>; Coluna 30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$  DB-1 – poli(dimetilsiloxano), caráter apolar.

Os COV foram removidos dos adsorventes coletores por dessorção térmica à temperatura controlada de  $225^\circ\text{C}$  por 10 min e purgados para um *trap* à  $-165^\circ\text{C}$ . Em seguida, o *trap* foi aquecido a  $240^\circ\text{C}$  por 4 min injetando os compostos na linha cromatográfica para análise por GC-MS. As condições cromatográficas empregadas no modo SCAN do espectrômetro de massas foram:

Injetor a  $100^\circ\text{C}$   
 Razão de *split* 1:5  
 Fluxo de  $1,0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$   
 Forno:  $-50^\circ\text{C}$  (2 min) - @  $4^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$   $200^\circ\text{C}$   
 Interface a  $230^\circ\text{C}$   
 Tensão do detector em 1,75kV  
 Velocidade de aquisição de 0,50s

As medidas de compostos orgânicos voláteis no ar foram realizadas seguindo-se os métodos oficiais da Agência Americana de Proteção, US EPA, método TO – 14A e TO – 17 [24, 25].

A identificação dos COV foi feita por comparação com a biblioteca do espectrômetro de massas (*Wiley Registry of Mass Spectral Data – 6ª edição para o programa CLASS-5000 – Shimadzu*). Todos os COV foram identificados com uma certeza mínima de 90%, pelo banco de dados da biblioteca acima citado.

### 3.2.4. Materiais, reagentes e solventes

Tabela 07: Substâncias utilizadas nas amostragens e análise de COV.

Substância	Pureza	Marca	Aplicação
Acetonitrila (ACN)	g.c.	J.T. Baker	Extração e Fase Móvel (CLAE)
Tetrahidrofurano(THF)	g.c.	J.T. Baker	Fase Móvel (CLAE)
Padrão de Compostos Carbonílicos	g.c.	SUPELCO	Mistura de 15 compostos carbonílicos para a quantificação
Água Ultra-pura	g.c.	Equipamento Barnstead System	Fase Móvel (CLAE)
Cartuchos de sílica impregnado com DNPH da Waters 37500	g.c.	WATERS	Amostragem de compostos Carbonílicos
Tenax TA 60/80			
Óxido de 2,6-difenilfenileno	p.a.	SUPELCO	Amostragem de COV
Carbotrap 20/40			
Carbono grafitizado	p.a.	SUPELCO	Amostragem de COV
Nitrogênio Líquido	Industrial	White Martins	Criogenia na dessorção térmica e transferência para a coluna
Hélio	g.c.	White Martins	Gás de arraste para o GC-MS

g.c : grau cromatográfico

p.a.: grau para análise

### 3.2.5. Medidas químicas e físicas

Nas Tabelas 08 e 09 estão apresentados os dados de monóxido de carbono, dióxido de carbono, umidade relativa, temperatura e intensidade de luz monitorados durante as campanhas de amostragem dos compostos carbonílicos. Os dados de intensidade de luz foram obtidos através de um Luxímetro Digital da marca Minipa, modelo MLM-1332. Os demais

foram obtidos através de um monitor portátil marca GrayWolf – Sensing Solutions, Indoor Air IQ-410-Quality Probe.

Tabela 08: Dados de monóxido de carbono, dióxido de carbono, umidade relativa, temperatura e intensidade de luz, obtidos no início e no final da amostragem de Compostos Carbonílicos realizados na Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização, Macroscopia, Técnicas Histológicas e Serviço de Higienização e Limpeza.

Local	CO (ppmv)		CO <sub>2</sub> (ppmv)		Umidade Relativa (%)		T(°C)		Intensidade de luz (lux) x 2000		Período do dia
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	
	F	2,9	5,9	1370	1360	49,7	48,8	23,3	24,7	300	
F	1,8	NC	1535	NC	40,1	NC	24,5	NC	225	NC	Tarde
CME	5,6	3,2	904	910	46,1	48,7	24,5	23,0	318	176	Manhã
CME	NC	NC	NC	NC	NC	NC	24,2	NC	NC	NC	Tarde
M	4,3	5,8	1055	1028	49,3	47,4	23,9	24,7	670	651	Manhã
M	2,7	2,2	964	1015	39,1	40,8	25,2	24,8	626	640	Tarde
TH	2,5	4,8	1016	1035	50,5	45,8	22,7	23,8	260	360	Manhã
TH	2,5	2,8	957	995	41,0	41,6	24,8	24,0	390	350	Tarde
SHE	4,8	4,0	1080	987	46,9	43,0	23,4	23,7	260	260	Manhã
SHE	1,9	1,6	1066	966	44,5	41,6	25,5	25,2	145	195	Tarde

*I = Dados coletados minutos antes do início da Amostragem*

*F = Dados coletados minutos após o fim da Amostragem*

*NC = Medida não foi feita*

Tabela 09: Dados de ozônio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, umidade relativa, temperatura e intensidade de luz, obtidos no início e no final da amostragem de Compostos Carbonílicos, obtidos no Almojarifado, Endoscopia, Laboratório de Coleta, Laboratório Didático e Área Externa.

Local	CO (ppmv)		CO <sub>2</sub> (ppmv)		Umidade Relativa (%)		T(°C)		Intensidade de luz (lux) x 2000		Período do dia
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	
A	4,1	2,1	914	895	42,4	41,6	22,6	23,3	170	164	Manhã
A	1,1	0,9	980	1019	34,4	36,1	25,2	24,6	147	NC	Tarde
E	4,2	2,2	1270	1212	45,5	40,1	23,8	23,8	344	380	Manhã
E	1,7	2,1	1133	1137	36,0	35,3	25,6	25,6	350	355	Tarde
LC	2,5	2,2	1227	1114	40,4	38,4	23,7	24,4	215	180	Manhã
LC	1,5	2,1	954	921	31,9	31,4	25,6	25,4	213	219	Tarde
LD	1,8	1,5	1220	1157	39,1	36,8	23,5	24,6	340	326	Manhã
LD	2,4	NC	1054	NC	37,8	NC	24,2	NC	220	NC	Tarde
AE*	1,5	NC	815	NC	34,3	NC	24,9	NC	438	NC	Manhã
AE*	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	Tarde

*I = Dados coletados minutos antes do início da Amostragem*

*F = Dados coletados minutos após o fim da Amostragem*

*NC = Medida não foi feita*

*OBS: Na amostragem de Intensidade de Luz da Área Externa, multiplicar o valor por 20.000\**

A Tabela 10 refere-se às informações obtidas dos funcionários do HU, durante o período de amostragem da campanha de agosto de 2006.

## 3.2.6. Informações sobre a ocupação dos ambientes internos estudados.

Tabela 10 : Resumo das informações obtidas através do questionário respondido por funcionários do HU.

Locais de Amostragem	Atividades no local	Nº de pessoas (6:00 - 19:00h)	Tempo médio de permanência (h)	Faixa de idade (anos)	Tempo de serviço (anos)
<i>F</i>	Distribuição de medicamentos	5 a 7	6	31 a 50	8 a 25
<i>CME</i>	Limpeza e esterilização de instrumentais	11 a 15	6	18 a 60	8 a 15
<i>SHE</i>	Rouparia e higiene do hospital	15	12	41 a 50	8 a 15
<i>M</i>	Recebimento de órgãos coletadas no centros cirúrgico e obstétrico	2 a 4	6	18 a 40	1 a 25
<i>TH</i>	Análises histológicas e citológicas	2 a 4	6	31 a 40	8 a 25
<i>A</i>	Armazenamento de materiais utilizados no HU, como produtos químicos.	8 a 10	6	31 a 40	8 a 15
<i>E</i>	Realização de exames diagnósticos	8 a 10	10	31 a 50	1 a 25
<i>LC</i>	Coleta de material biológico	SR	SR	SR	SR
<i>LD</i>	Aulas experimentais	SR	SR	SR	SR
<i>AE</i>	Área externa ao prédio do HU	NA	NA	NA	NA

NA = Não Aplica

SR = Sem Resposta

## 4. Resultados e Discussões

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Dados referentes a compostos carbonílicos

As amostragens de compostos carbonílicos foram feitas em locais com atividades diferentes de trabalho para avaliar o nível desses compostos nos diversos ambientes internos.

As razões de mistura dos compostos carbonílicos encontrados nos diversos pontos de amostragem no período da manhã e tarde (Tabelas 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29 e 31) estão apresentadas nas Figuras 06 a 16.

A relação entre as razões de mistura de um determinado composto carbonílico no ar interno e externo (I/E) estão apresentadas nas Tabelas 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 e 32.

#### 4.1.1. Avaliação do formaldeído nos ambientes internos estudados

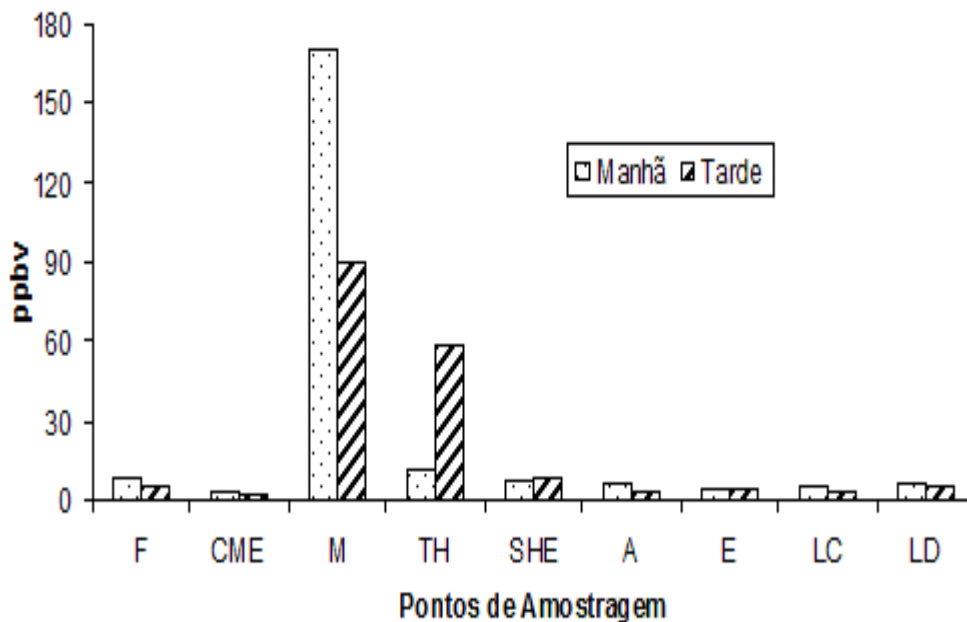


Figura 06: Razão de mistura, em ppbv de formaldeído nos pontos de amostragem



Tabela 11: Razão de mistura de formaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem.

Ponto de amostragem	Formaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	8,71	5,34
CME	2,95	2,70
M	169,88	90,19
TH	11,69	58,71
SHE	7,56	8,25
A	6,33	3,40
E	4,59	3,58
LC	5,69	3,52
LD	6,56	5,82
AE <sub>(F,CME)</sub>	3,41	3,16
AE <sub>(M, TH)</sub>	3,27	3,47
AE <sub>(SHE, A)</sub>	3,34	3,12
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	3,18	3,34

Tabela 12: Razão I/E de formaldeído nos pontos de amostragem

Ponto de Amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	2,6	1,7
CME	0,9	0,9
M	52,0	26,0
TH	3,6	16,9
SHE	2,3	2,6
A	1,9	1,1
E	1,4	1,1
LC	1,8	1,1
LD	2,1	1,7

*a) Nas salas de Técnicas Histológicas e Macroscopia.*

*As razões de mistura de formaldeído observadas nas salas de Técnicas Histológicas e Macroscopia foram 90,19 e 169,88 ppbv, respectivamente. Este composto pode ser proveniente das atividades desenvolvidas nos locais. A sala da Macroscopia recebe órgãos dos centros cirúrgicos e obstétricos que ficam armazenados em recipientes contendo formaldeído. Nesta sala é realizado o exame macroscópico e preparado as lâminas para exame histológico.*

*Observou-se que o nível de formaldeído na sala de Técnicas Histológicas no período da tarde (58,71 ppbv) foi maior do que no período da manhã (11,69 ppbv), provavelmente devido à influência do formaldeído liberado na sala da Macroscopia. As duas salas ficam uma ao lado da outra, ambas não possuem janelas, há uma única porta de entrada e saída e a circulação de ar é através de um ventilador.*

*b) Nas salas do Serviço de Higienização e Limpeza e da Farmácia.*

*Nestes locais foram encontrados os maiores níveis de formaldeído, com exceção das salas de Técnicas Histológicas e Macroscopia.*

*Como são armazenados produtos de limpeza na sala do Serviço de Higienização e Limpeza, estes produtos podem ser as possíveis fontes de emissão de formaldeído [50].*

*Há indícios de que os níveis observados na Farmácia (8,71 e 5,34 ppbv, no período da manhã e tarde, respectivamente) são em decorrência de uma reforma realizada em frente a esta sala, onde o local foi isolado utilizando-se grandes placas de madeira aglomerada, a qual é uma fonte de emissão de formaldeído [8]. Outras prováveis fontes de emissão foram os materiais de limpeza presentes por ocasião da amostragem. [50, 51].*

*c) Nas salas da Endoscopia, Laboratório Didático, Almoxarifado, Centro de Materiais de Esterilização, Laboratório de Coleta.*

*As razões de mistura de formaldeído avaliadas nestas salas variaram na faixa de 2,70 a 6,56 ppbv. Nas salas do Centro de Materiais de Esterilização (2,70 ppbv), Almoxarifado (3,40 ppbv), Laboratório de Coleta (3,52 ppbv) e Endoscopia (3,58 ppbv), no período da tarde, as razões de mistura foram muito próximas à área externa, demonstrando não haver uma fonte de emissão interna predominante.*

Para todos os ambientes internos estudados, os níveis de compostos carbonílicos estão abaixo do limite da ABHO (300 ppbv, limite para ambiente industrial) [45]. Todavia, no caso específico da Macroscopia o valor encontrado está acima do limite estabelecido pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) [7] e pela Health Canada [52], (100 ppbv, limite para ambientes não industriais).

Conforme a Health Canada, exposições prolongadas de formaldeído acima de 40 ppbv em ambientes internos provocam sintomas respiratórios como tosse, tontura, alergia especialmente em crianças e exposições curtas e prolongadas acima de 100 ppbv provocam sensação de irritação nos olhos, nariz e garganta [52].

#### 4.1.2. Avaliação do acetaldeído nos ambientes internos estudados

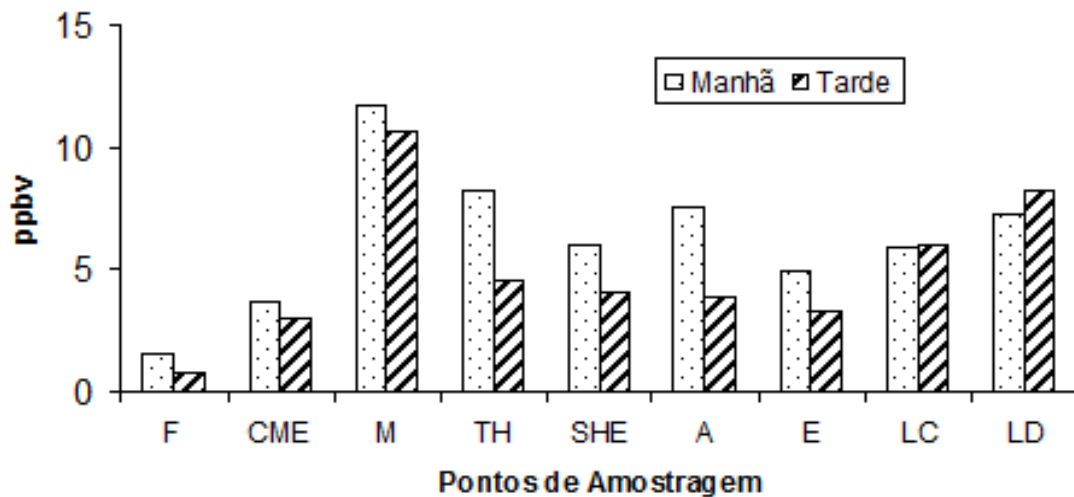


Figura 07: Razão de mistura em ppbv de acetaldeído nos pontos de amostragem

Tabela 13: Razão de mistura de acetaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Acetaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	1,54	0,76
CME	3,63	3,02
M	11,69	10,73
TH	8,23	4,62
SHE	5,94	4,05
A	7,60	3,85
E	4,93	3,28
LC	5,89	6,00
LD	7,25	8,20
AE <sub>(F, CME)</sub>	5,30	4,20
AE <sub>(M, TH)</sub>	4,51	4,79
AE <sub>(SHE, A)</sub>	4,69	4,50
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	5,20	4,60

Tabela 14: Razão I/E de acetaldeído nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	0,3	0,2
CME	0,7	0,7
M	2,6	2,2
TH	1,8	1,0
SHE	1,3	0,9
A	1,6	0,9
E	0,9	0,7
LC	1,1	1,3
LD	1,4	1,8

*O maior nível de acetaldeído foi encontrado na sala da Macroscopia (11,69 e 10,73 ppbv, manhã e tarde, respectivamente).*

*Nas salas de Técnicas Histológicas, Laboratório de Coleta e Laboratório Didático, as razões de mistura variaram entre 5,89 e 8,23 ppbv. A razão I/E > 1 para estas salas demonstram que pode haver fontes internas de acetaldeído. O acetaldeído é emitido por materiais de construção e acabamento, além de perfumes, resinas de poliéster, pela fumaça do tabaco e pode ser exalado pelo ser humano, via o metabolismo do etanol [7, 53].*

*Para as salas da Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização e Endoscopia foram obtidos razões I/E < 1, nos períodos da manhã e tarde, o que demonstram que pode não há fontes internas predominantes. Para as salas do Serviço de Higienização e Limpeza e o Almojarifado a razão I/E foi maior que 1 no período da manhã e menor que 1 no período da tarde. Na sala do Serviço de Higienização e Limpeza esta variação da razão I/E, entre os períodos da manhã e tarde pode ser proveniente da grande variação do número de pessoas ali presentes em determinados períodos do dia. No Almojarifado esta variação da razão I/E pode ser em decorrência da maior troca de ar entre os ambientes internos e externos.*

*Sabe-se que existem muitas fontes antropogênicas (emissões veiculares) e biogênicas (emissões por plantas) presentes no ambiente externo, que podem influenciar os níveis de acetaldeído no ambiente interno [54, 55].*

*Os níveis de acetaldeído encontrados em todos os ambientes internos estudados estão abaixo dos limites de exposição estabelecidos pela ASHRAE de 900 ppbv para o ambiente não industrial [7] e pela ABHO de 25000 ppbv para o ambiente industrial [45].*

#### 4.1.3. Avaliação da acetona nos ambientes internos estudados

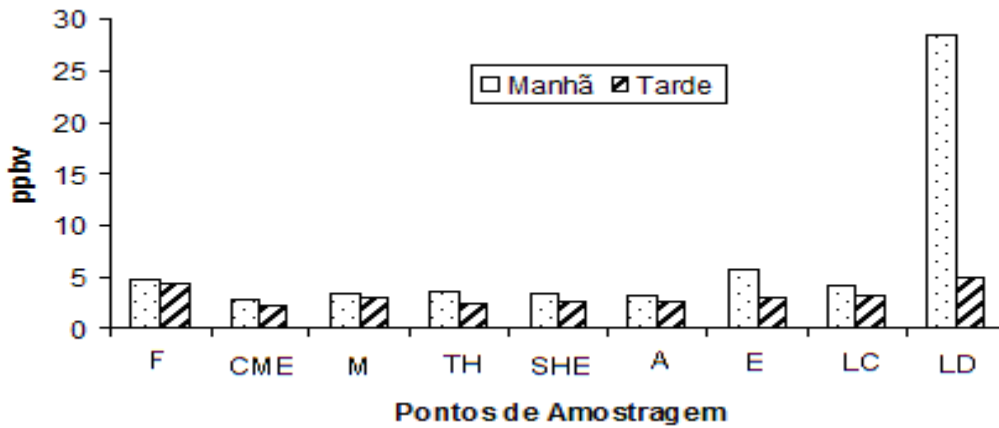


Figura 08: Razão de mistura (ppbv) de acetona nos pontos de amostragem

Tabela 15: Razão de mistura de acetona (ppbv) nos pontos de amostragem.

Ponto de amostragem	Acetona (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	4,77	4,36
CME	2,82	2,15
M	3,34	3,09
TH	3,55	2,40
SHE	3,37	2,64
A	3,17	2,65
E	5,65	2,96
LC	4,19	3,16
LD	28,39	4,89
AE <sub>(F, CME)</sub>	5,40	3,60
AE <sub>(M, TH)</sub>	3,53	4,21
AE <sub>(SHE, A)</sub>	4,48	2,57
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	13,19	2,86

Tabela 16: Razão I/E de acetona nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	0,9	1,2
CME	0,5	0,6
M	0,9	0,7
TH	1,0	0,6
SHE	0,8	1,0
A	0,7	1,0
E	0,4	1,0
LC	0,3	1,1
LD	2,2	1,7

A maior razão de mistura de acetona foi encontrada no Laboratório Didático 28,39 ppbv no período da manhã. O Laboratório Didático faz parte de um conjunto de laboratórios biológicos onde se faz o uso de acetona. Uma variação grande de razão de mistura foi observada no Laboratório Didático (28,39 e 4,89 ppbv, entre o período da manhã e tarde, respectivamente. Este fato pode ser atribuído a uma maior atividade de trabalho no período da manhã.

Nas demais salas a razão de mistura de acetona variou entre 2,82 a 5,65 ppbv, no período da manhã e 2,15 a 4,89 no período da tarde. Nestas salas, as razões de mistura são maiores no período da manhã quando comparadas com o período da tarde. Há indícios de que há uma fonte predominante de acetona no ambiente interno.

Nas salas da Farmácia e Endoscopia foram encontradas razões de mistura de acetona maiores que nas demais salas, com exceção da sala do Laboratório Didático. Na sala da Farmácia isto pode ter ocorrido devido a um maior número de ocupantes, que podem estar exalando a acetona gerada pelo metabolismo humano [7]. Na sala da Endoscopia pode ser devido ao ambiente ser fechado e climatizado.

A acetona pode ser emitida pela fumaça do tabaco e as razões de mistura de acetona são geralmente mais elevadas em ambientes internos, quando comparada com o externo [56].

Os níveis de acetona encontrados em todos os ambientes internos estudados estão abaixo dos limites de exposição estabelecidos pela ASHRAE de 3000 ppbv para o ambiente não industrial [7] e pela ABHO de 500.000 ppbv para o ambiente industrial [45].

4.1.4. Avaliação da acroleína nos ambientes internos estudados.

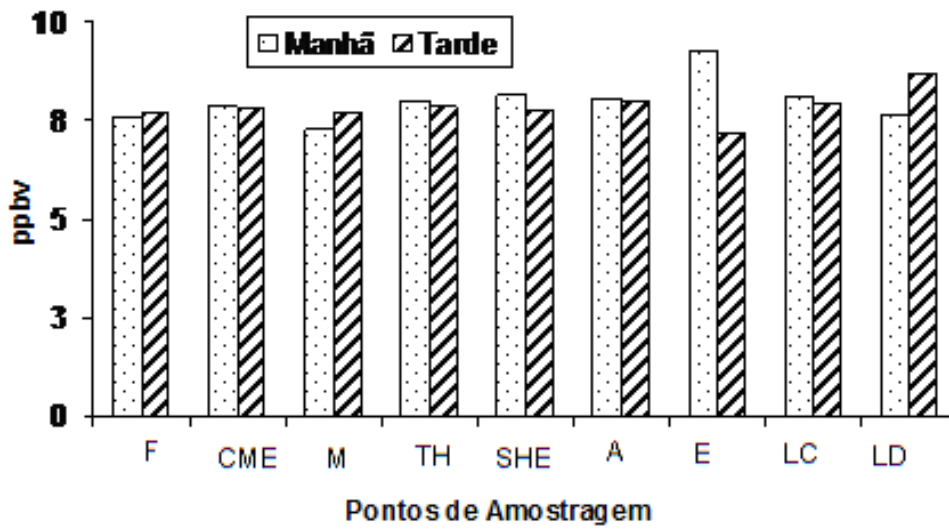


Figura 09: Razão de mistura (ppbv) de acroleína nos pontos de amostragem

Tabela 17: Razão de mistura de acroleína (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Acroleína (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	7,58	7,72
CME	7,85	7,79
M	7,28	7,68
TH	8,00	7,88
SHE	8,13	7,78
A	8,06	8,01
E	9,25	7,19
LC	8,10	7,96
LD	7,60	8,67
AE <sub>(F,CME)</sub>	6,75	6,38
AE <sub>(M,TH)</sub>	7,08	6,70
AE <sub>(SHE,A)</sub>	8,15	6,51
AE <sub>(E,LC,LD)</sub>	7,63	7,20



*Tabela 18: Razão I/E de acroleína nos pontos de amostragem.*

Pontos de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	1,1	1,2
CME	1,2	1,2
M	1,0	1,1
TH	1,1	1,2
SHE	1,0	1,2
A	1,0	1,2
E	1,1	1,1
LC	1,1	1,1
LD	1,0	1,2

*Os valores de  $I/E \geq 1$  demonstram que pode haver fontes de acroleína nos ambientes internos estudados. Várias são as fontes que podem emitir acroléina, como a fumaça do tabaco, materiais de construção, colas, adesivos, móveis de madeira, tintas, etc. [57].*

*É interessante observar que as razões de mistura no ar externo variam de 7,10 a 8,20 ppbv e 6,38 a 7,20 ppbv, entre os períodos da manhã e tarde, respectivamente. Estes valores são próximos às razões de mistura normalmente encontradas em grandes centros urbanos (9 ppbv) [58].*

*Os níveis de acroleína encontrados em todos os ambientes internos estudados estão abaixo dos limites de exposição de 100.000 ppbv estabelecidos pela ABHO, para o ambiente industrial [45]. Não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.*

4.1.5. Avaliação do propionaldeído nos ambientes internos estudados

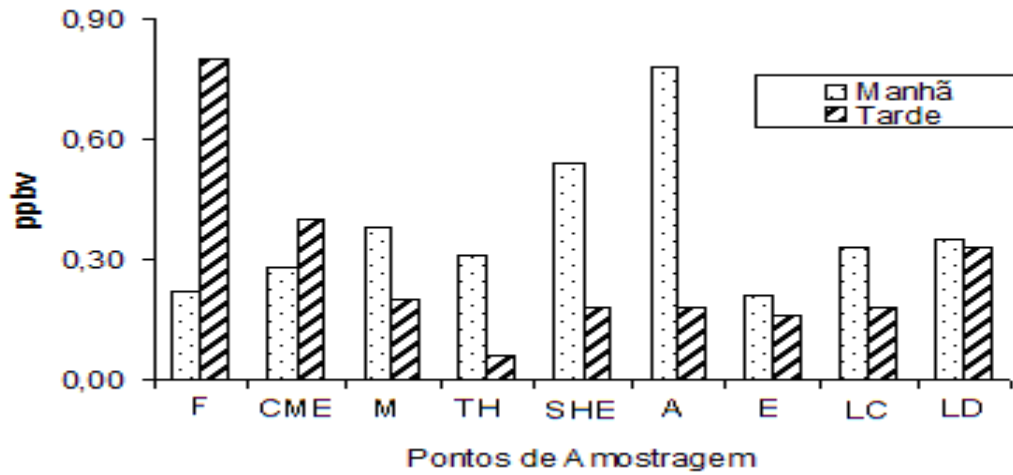


Figura 10: Razão de mistura em ppbv de propionaldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 19 : Razão de mistura de propionaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Propionaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	0,22	0,80
CME	0,28	0,40
M	0,38	0,20
TH	0,31	0,06
SHE	0,54	0,18
A	0,78	0,18
E	0,21	0,16
LC	0,33	0,18
LD	0,35	0,33
AE <sub>(F,CME)</sub>	0,25	0,17
AE <sub>(M,TH)</sub>	0,19	0,21
AE <sub>(SHE,A)</sub>	0,13	0,27
AE <sub>(E,LC,LD)</sub>	0,20	0,40

*Tabela 20: Razão I/E de propionaldeído nos pontos de amostragem*

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	0,9	4,7
CME	1,1	2,4
M	2,0	1,0
TH	1,6	0,3
SHE	4,2	0,7
A	6,0	0,7
E	1,1	0,4
LC	1,7	0,5
LD	1,8	0,8

*Foi encontrado nas salas da Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização, Macroscopia, Serviço de Higienização e Limpeza e Almoxarifado em determinados períodos, razões  $I/E \geq 2$ . Nessas salas, o propionaldeído é proveniente predominantemente de fontes internas.*

*O propionaldeído é um COV que pode ser emitido por fontes antropogênicas [59], tais como, fumaça do tabaco, gasolina, diesel, polietilenos, combustão de madeira e outros [60].*

*Os níveis de propionaldeído encontrados em todos os ambientes internos estudados estão muito abaixo dos limites de exposição para ambiente industrial, 20.000 ppbv, estabelecidos pela ABHO [45]. Não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.*

#### 4.1.6. Avaliação do crotonaldeído nos ambientes internos estudados

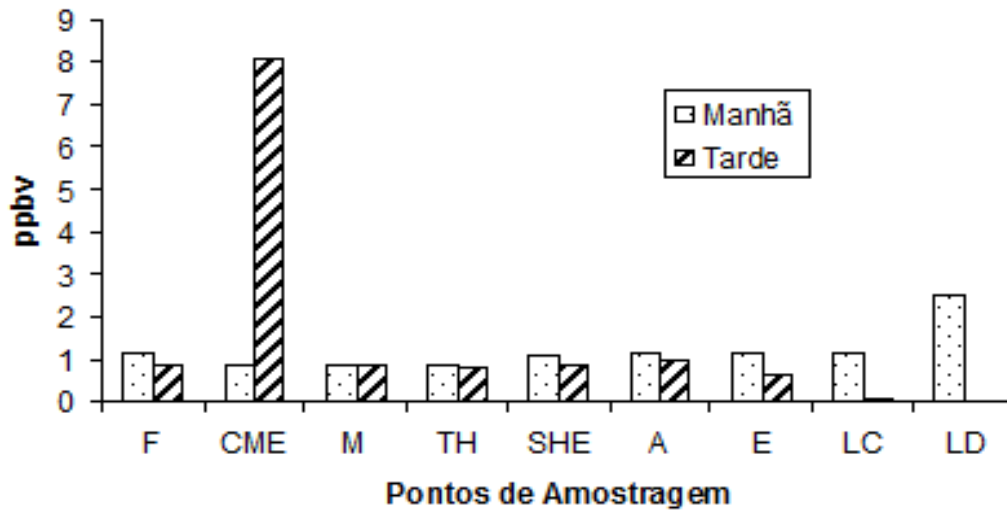


Figura 11: Razão de mistura em ppbv de crotonaldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 21 : Razão de mistura de crotonaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de Amostragem	Crotonaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	1,11	0,85
CME	0,86	8,10
M	0,84	0,84
TH	0,87	0,83
SHE	1,07	0,87
A	1,12	0,93
E	1,11	0,65
LC	1,17	0,04
LD	2,47	< LQ
AE <sub>(F,CME)</sub>	1,25	0,13
AE <sub>(M, TH)</sub>	1,98	0,04
AE <sub>(SHE, A)</sub>	1,27	0,07
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	1,89	0,10

LQ = Limite de Quantificação

Tabela 22: Razão I/E de crotonaldeído nos pontos de amostragem

Pontos de amostragem	Razão I / E	
	Manhã	Tarde
F	0,9	6,5
CME	0,7	62,3
M	0,4	21,0
TH	0,4	20,8
SHE	0,8	12,4
A	0,9	13,3
E	0,6	6,5
LC	0,6	0,4
LD	1,3	-----

----- valores de I abaixo do LQ

Comparando as razões de mistura de crotonaldeído encontradas no período da manhã e tarde, é possível observar que os níveis nos dois períodos são próximos, exceto na sala do CME, LC e LD.

O crotonaldeído é encontrado em emissões veiculares na atmosfera [61]. Este composto na presença do radical hidroxila sofre a fotodecomposição. Isto pode explicar os valores diferentes observados na Área Externa para o crotonaldeído entre 1,15 e 1,98 ppbv e 0,04 a 0,13 ppbv, nos períodos manhã e tarde, respectivamente. A razão I/E < 1 encontrada em todos os ambientes internos, exceto no LD, no período da manhã, indica que não há fonte interna predominante de crotonaldeído nos ambientes estudados. Por outro lado, os valores de I/E > 1 encontrados no período da tarde são atribuídos a um valor muito baixo de crotonaldeído na área externa (0,04 ppbv)

O valor alto (8,10 ppbv) de crotonaldeído no CME pode ser em decorrência da existência de uma pequena cozinha muito próxima a sala do Centro de Materiais de Esterilização. Sabe-se que dentre várias fontes, o crotonaldeído pode ser emitido por alimentos e fumaça do tabaco [62, 63].

Os níveis de crotonaldeído encontrados em todos os ambientes internos estudados estão abaixo dos limites de exposição de 20.000 ppbv estabelecidos pela ABHO, para o ambiente industrial [45]. Para este composto não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.

#### 4.1.7. Avaliação do butiraldeído nos ambientes internos estudados

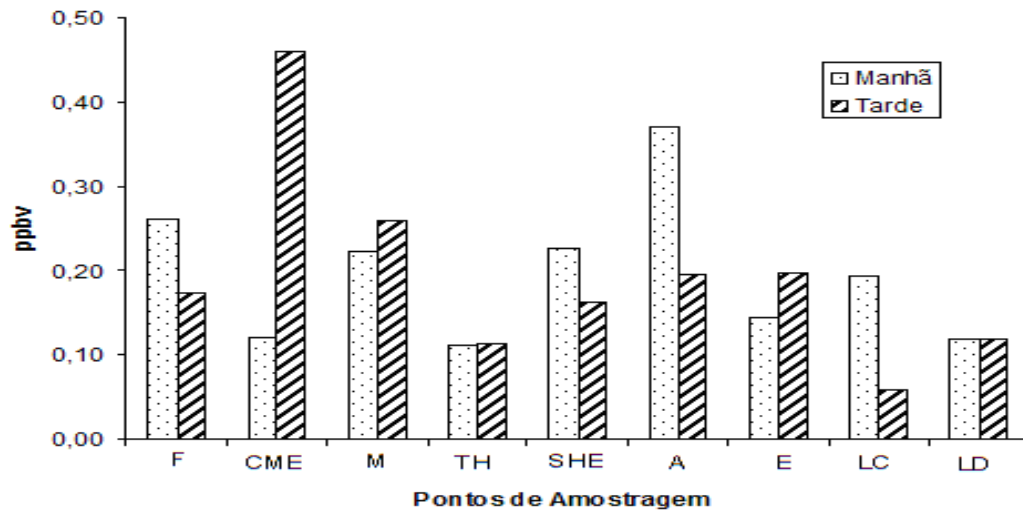


Figura 12: Razão de mistura em ppbv de butiraldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 23 : Razão de mistura de butiraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Butiraldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	0,26	0,17
CME	0,12	0,46
M	0,22	0,26
TH	0,11	0,11
SHE	0,23	0,16
A	0,37	0,19
E	0,14	0,20
LC	0,19	0,06
LD	0,12	0,12
AE <sub>(F,CME)</sub>	0,12	0,12
AE <sub>(M, TH)</sub>	0,15	0,09
AE <sub>(SHE, A)</sub>	0,13	0,15
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	0,28	0,29

Tabela 24: Razão I/E de butiraldeído nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	2,2	1,5
CME	1,0	3,9
M	1,5	2,9
TH	0,7	1,3
SHE	1,7	1,1
A	2,9	1,3
E	0,5	0,7
LC	0,7	0,2
LD	0,4	0,4

*Em alguns períodos, nas salas da Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização, Macroscopia e Almoxarifado foram encontrados razões de I/E > 2, o que pode indicar a existência de fonte de emissão de butiraldeído nesses ambientes internos. Sabe-se que butiraldeído pode ser emitido por alimentos, materiais constituídos de polietileno, polipropileno, poliestireno e fumaça do tabaco [59, 63, 64].*

*Os níveis de butiraldeído encontrados em todos os ambientes internos estudados estão muito abaixo dos limites de exposição estabelecidos pela American Industrial Hygiene Association (AIHA), 25.000 ppbv para 8 h de exposição. Para este composto não foi encontrado um limite pela ABHO e na literatura não foi encontrado um limite para ambientes internos não industriais.*

#### 4.1.8. Avaliação do benzaldeído (ppbv) nos ambientes internos estudados

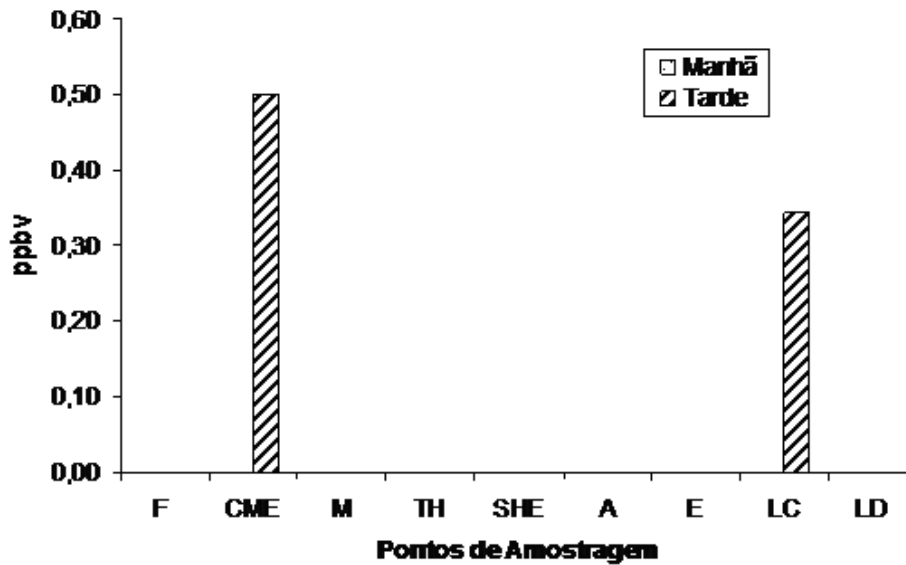


Figura 13: Razão de mistura em ppbv de benzaldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 25 : Razão de mistura de benzaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Benzaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	< LQ	< LQ
CME	< LQ	0,50
M	< LQ	< LQ
TH	< LQ	< LQ
SHE	< LQ	< LQ
A	< LQ	< LQ
E	< LQ	< LQ
LC	< LQ	0,34
LD	< LQ	< LQ
AE <sub>(F,CME)</sub>	0,38	0,47
AE <sub>(M, TH)</sub>	0,43	0,37
AE <sub>(SHE, A)</sub>	0,26	0,35
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	0,34	0,53

LQ = Limite de quantificação



Tabela 26: Razão I/E de benzaldeído nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	-----	-----
CME	-----	1,1
M	-----	-----
TH	-----	-----
SHE	-----	-----
A	-----	-----
E	-----	-----
LC	-----	0,6
LD	-----	-----

----- valores de I abaixo do LQ

Na maioria dos pontos de amostragem a razão de mistura para o benzaldeído foi abaixo do LQ.

A razão I/E próximas a 1 indicam que não há fonte interna predominante de benzaldeído nos ambientes estudados.

São fontes internas de benzaldeído os materiais de construção, fumaça do tabaco e alimentos. Em áreas externas, são fontes de benzaldeído as indústrias de plásticos e polietileno, fumaça do tabaco [66, 67].

Não há limites de benzaldeído estabelecidos pela ABHO [45] em ambientes industriais e não foi encontrado na literatura limite para ambiente não industrial.

#### 4.1.9. Avaliação do isovaleraldeído nos ambientes internos estudados

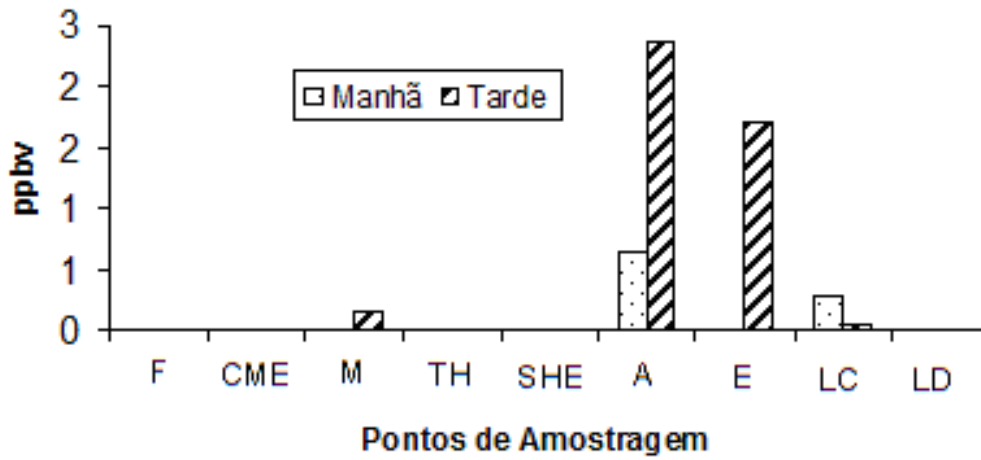


Figura 14: Razão de mistura em ppbv de isovaleraldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 27: Razão de mistura de isovaleraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Isovaleraldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	< LQ	< LQ
CME	< LQ	< LQ
M	< LQ	0,16
TH	< LQ	< LQ
SHE	< LQ	< LQ
A	0,65	2,36
E	< LQ	1,70
LC	0,27	0,04
LD	< LQ	< LQ
AE (F,CME)	0,02	0,02
AE (M, TH)	0,03	0,05
AE (SHE, A)	0,09	0,11
AE (E, LC, LD)	0,03	0,02

*LQ = Limite de Quantificação*

Tabela 28: Razão I/E de isovaleraldeído nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	-----	-----
CME	-----	-----
M	-----	3,2
TH	-----	-----
SHE	-----	-----
A	7,2	21,5
E	-----	85,0
LC	9,0	2,0
LD	-----	-----

----- valores de I abaixo do LQ

As razões de mistura de isovaleraldeído para os pontos de amostragem da Farmácia, Centro de Materiais de Esterilização, Técnicas Histológicas, Serviço de Higienização e Limpeza e Laboratório Didático ficaram abaixo do LQ e os seus correspondentes valores de I/E não puderam ser calculados.

Nas demais salas estudadas foram encontrados valores altos da razão I/E, indicando que há fonte interna predominante de isovaleraldeído nos ambientes estudados.

O isovaleraldeído é usado como aromatizante artificial em manteiga, café, caramelo [68].

O valor de 2,36 ppbv encontrado no Almojarifado pode ser em decorrência da presença de veículos movidos a diesel que transitam próximos a entrada da recepção de materiais de almojarifado [69].

Não há níveis industriais de isovaleraldeído estabelecidos pela ABHO [45]. Não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.

4.1.10. Avaliação do valeraldeído nos ambientes internos estudados

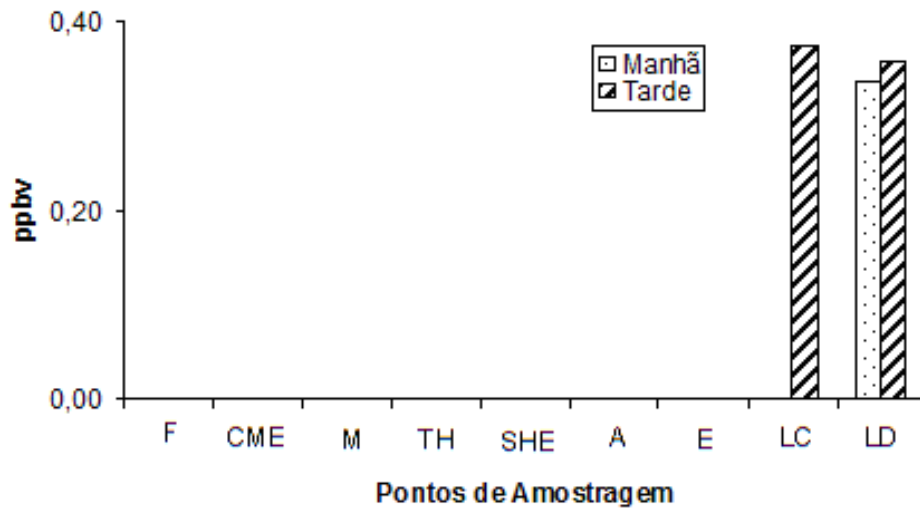


Figura 15: Razão de mistura em ppbv de valeraldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 29: Razão de mistura de valeraldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Valeraldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	< LQ	< LQ
CME	< LQ	< LQ
M	< LQ	< LQ
TH	< LQ	< LQ
SHE	< LQ	< LQ
A	< LQ	< LQ
E	< LQ	< LQ
LC	< LQ	0,37
LD	0,34	0,36
AE <sub>(F,CME)</sub>	0,28	0,29
AE <sub>(M, TH)</sub>	0,21	0,32
AE <sub>(SHE, A)</sub>	0,17	0,22
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	0,31	0,32

*LQ = Limite de Quantificação*

*Tabela 30: Razão I/E de valeraldeído nos pontos de amostragem*

Pontos de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	-----	-----
CME	-----	-----
M	-----	-----
TH	-----	-----
SHE	-----	-----
A	-----	-----
E	-----	-----
LC	-----	1,2
LD	1,1	1,1

----- valores de I abaixo do LQ

Com exceção das salas do Laboratório de Coleta e Laboratório Didático, as razões de mistura do valeraldeído ficaram abaixo do LQ.

*A razão I/E próximo de 1 indica que não deve haver fonte interna predominante de valeraldeído nos ambientes estudados.*

São fontes de valeraldeído os alimentos, bebidas [70], a fumaça do tabaco [59].

No ambiente externo o valeraldeído é removido da atmosfera através de reações de fotodegradação com radicais OH [70].

O valeraldeído (glutaraldeído) é utilizado para a higienização dos equipamentos usados para exame diagnóstico na sala da Endoscopia. Todavia os níveis encontrados desse composto estavam abaixo do LQ, muito provavelmente porque não ocorreu a manipulação do mesmo durante as amostragens.

*Não há níveis de valeraldeído estabelecidos pela ABHO para o ambiente industrial [45]. Não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.*

4.1.11. Avaliação do 2,5-dimetilbenzaldeído nos ambientes internos estudados

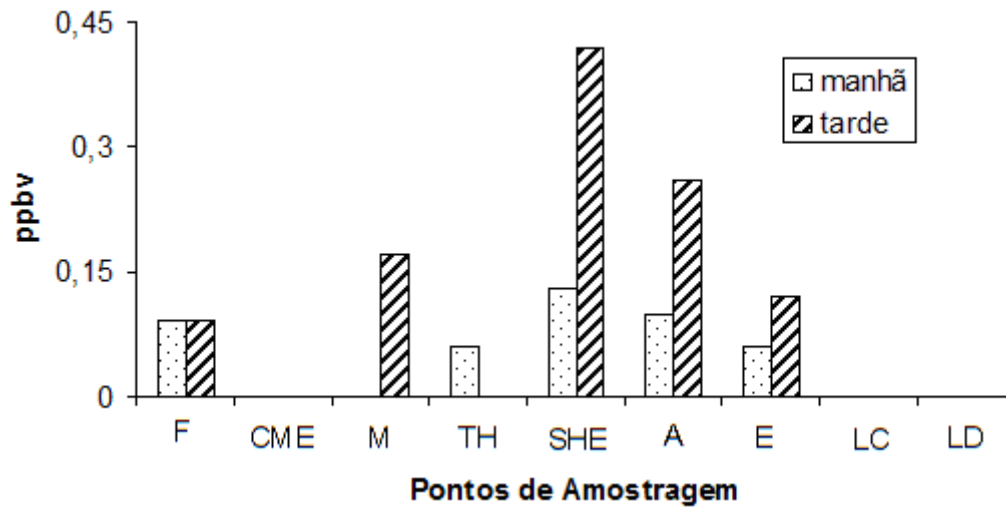


Figura 16: Razão de mistura em ppbv do 2,5-dimetilbenzaldeído nos pontos de amostragem.

Tabela 31: Razão de mistura de 2,5-dimetilbenzaldeído (ppbv) nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	2,5-dimetilbenzaldeído (ppbv)	
	Manhã	Tarde
F	0,09	0,09
CME	< LQ	< LQ
M	< LQ	0,17
TH	0,06	< LQ
SHE	0,13	0,42
A	0,10	0,26
E	0,06	0,12
LC	< LQ	< LQ
LD	< LQ	< LQ
AE <sub>(F,CME)</sub>	< LQ	0,09
AE <sub>(M, TH)</sub>	0,07	< LQ
AE <sub>(SHE, A)</sub>	< LQ	< LQ
AE <sub>(E, LC, LD)</sub>	0,05	< LQ

*LQ = Limite de Quantificação*

Tabela 32: Razão I/E de valeraldeído nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Relação I / E	
	Manhã	Tarde
F	-----	1,0
CME	-----	-----
M	-----	-----
TH	0,8	-----
SHE	-----	-----
A	-----	-----
E	1,2	-----
LC	-----	1,2
LD	1,1	1,1

----- valores de I abaixo do LQ

Foram encontrados valores de razão de mistura abaixo do LQ nas salas do Centro de Materiais de Esterilização, Macroscopia, Técnicas Histológicas, Laboratório Didático e Laboratório de Coleta. Nas demais salas, as razões de mistura foram encontradas na faixa entre 0,06 a 0,42 ppbv. Os valores de I/E próximos de 1 demonstram que pode haver fontes de 2,5-dimetilbenzaldeído nos ambientes internos estudados.

*Não há limite de 2,5-dimetilbenzaldeído estabelecidos pela ABHO para o ambiente industrial [45]. Não foi encontrado na literatura um limite para ambientes internos não industriais.*

#### 4.1.12. Máximos e mínimos das razões de mistura encontradas nos ambientes internos e externos

Na Tabela 32 é possível observar as faixas de razões de mistura encontradas nos 10 pontos de amostragem, tanto em ambiente interno quanto externo, nos períodos da manhã e tarde.

Tabela 33: Valores máximos e mínimos de razões de mistura dos compostos carbonílicos.

Composto	Ambiente Interno (ppbv)	Ambiente Externo (ppbv)
Formaldeído	2,70 a 169,88	3,12 a 3,47
Acetaldeído	0,76 a 11,73	4,20 a 5,30
Acetona	2,15 a 28,39	2,57 a 13,19
Acroléina	7,19 a 9,25	6,38 a 8,15
Propionaldeído	0,06 a 0,80	0,13 a 0,40
Crotonaldeído	0,04 a 8,10	0,04 a 1,98
Butiraldeído	0,06 a 0,46	0,09 a 0,29
Benzaldeído	0,34 a 0,50	0,26 a 0,53
Isovaleraldeído	0,04 a 2,36	0,02 a 0,11
Valeraldeído	0,34 a 0,37	0,17 a 0,32
2,5-Dimetilbenzaldeído	0,06 a 0,42	0,05 a 0,07

Os compostos mais abundantes em ordem decrescente foram o formaldeído, acetona, acetaldeído e acroleína.

#### 4.2. Dados referentes a COV (com exceção dos compostos carbonílicos).

Conforme foi mencionado anteriormente foram feitas também amostragens dos outros COV, nos mesmos locais de amostragem dos compostos carbonílicos. Entretanto, essas amostragens não foram feitas simultaneamente.

*A identificação dos COV nos diversos pontos de amostragem (Tabelas 18 a 46) estão apresentadas nas Figuras 18 a 25*

As Figuras 17 e 18 são referentes aos cromatogramas do sistema coletor, tubo de adsorção após a etapa de limpeza (item 3.2.2.) e da amostra referente à Área Externa no período da manhã.



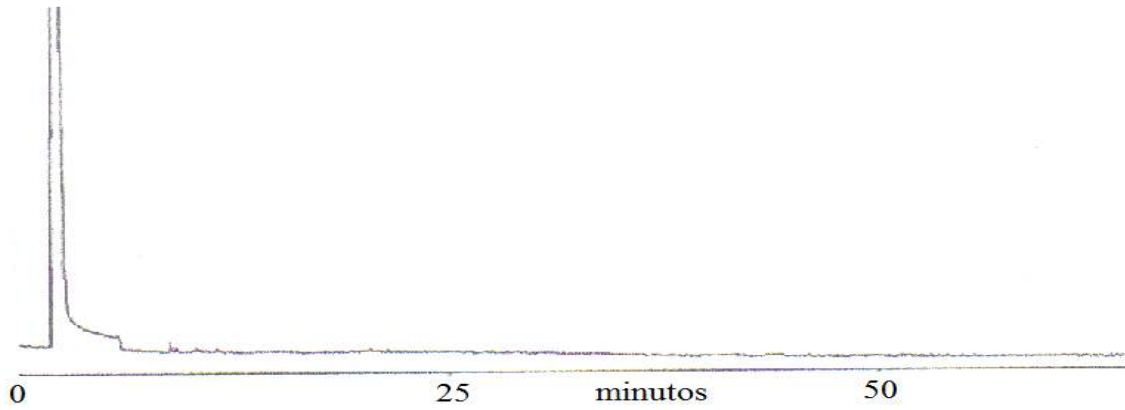


Figura 17 : Cromatograma do eluente proveniente da dessorção térmica do tubo de adsorção (Tenax e Carbotrap), após a realização do processo de limpeza.

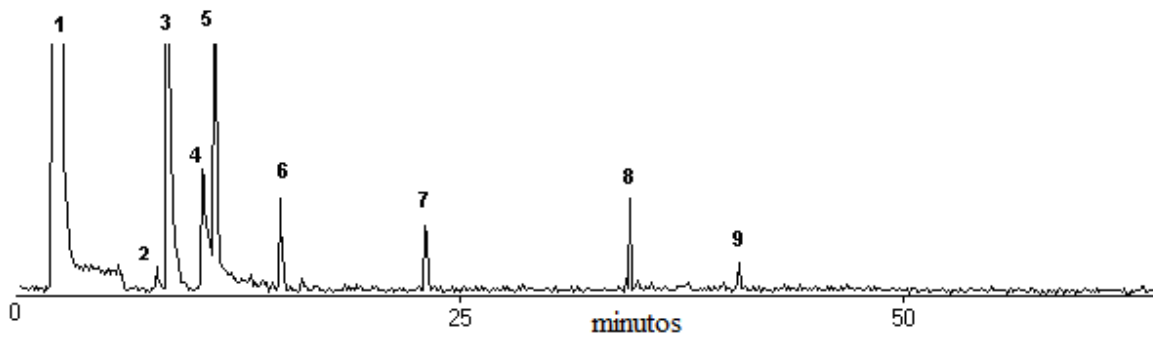


Figura 18: Cromatograma das substâncias identificadas na Área Externa do HU no período da manhã. 2) Isopentano 3) Triclorofluormetano 4) Acetonitrila, 5) Cloreto de metileno, 6) n-Hexano. Os demais picos não foram identificados.

#### 4.2.1. Avaliação dos COV identificados na Área Externa

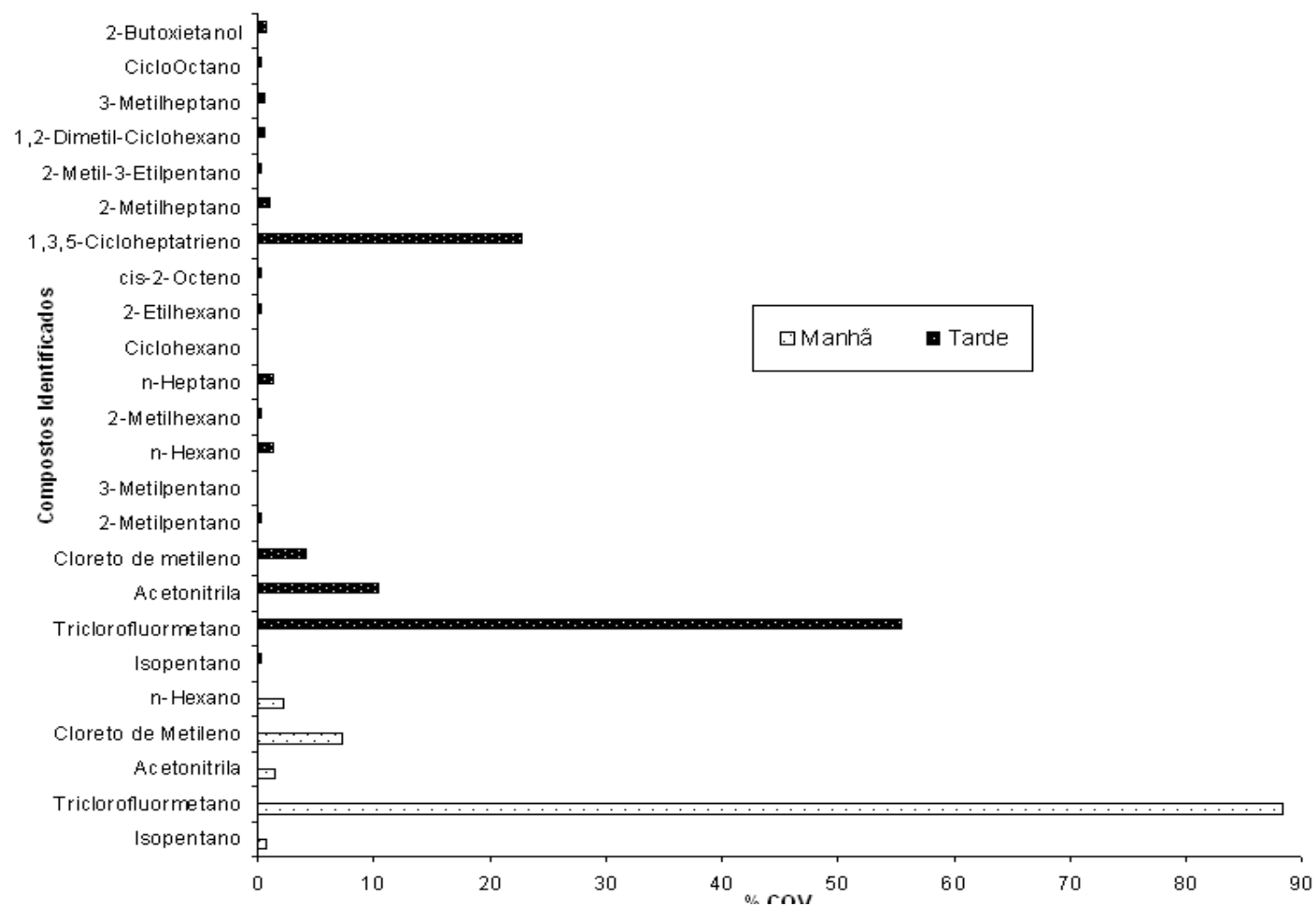


Figura 19: Abundância dos COV identificados (Área Externa, Período: Manhã e Tarde)

Tabela 34: Abundância dos COV identificados (área externa, manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Isopentano	0,7	8,0
Triclorofluormetano	88,3	8,5
Acetonitrila	1,5	10,5
Cloreto de Metileno	7,2	11,1
n-Hexano	2,3	14,9

Tabela 35: Abundância dos COV identificados (área externa, tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Isopentano	0,3	8,0
Triclorofluormetano	55,4	8,6
Acetonitrila	10,4	10,3
Cloreto de metileno	4,2	11,1
2-Metilpentano	0,3	13,2
3-Metilpentano	0,1	13,9
n-Hexano	1,3	14,9
2-Metilhexano	0,2	18,5
n-Heptano	1,3	20,2
Ciclohexano	0,1	20,9
2-Etilhexano	0,2	22,0
Cis-2-Octeno	0,2	22,4
1,3,5-Cicloheptatrieno	22,7	23,1
2-Metilheptano	1,0	23,5
2-Metil-3-Etilpentano	0,3	23,6
1,2-Dimetil-Ciclohexano	0,5	23,7
3-Metilheptano	0,5	23,8
CicloOctano	0,2	24,4
2-Butoxietanol	0,8	32,2

*Os COV identificados no período da manhã foram 2 alcanos, 2 halogenados e 1 nitrogenado e no período da tarde foram 13 alcanos, 2 alcenos, 2 halogenados, 1 composto nitrogenado e 1 álcool.*

Dos 24 compostos que foram identificados na Área Externa, 68,4% são alcanos (C5 – C8), 10,5% são alcenos (C7 – C8), 10,5% são halogenados (C1), 5,3% são nitrogenados (C1) e 5,3% são álcoois (C6).

Os alcanos e alcenos podem ser emitidos por fontes naturais (plantas) e antropogênicas (emissões veiculares) [61, 74].

O triclorofluorcarbono é mais conhecido como CFC. Este era usado em aerossóis, ar-condicionado, refrigeradores e solventes de limpeza. Os dois principais tipos de CFCs são o triclorofluorcarbono ( $\text{CFCl}_3$ ) ou CFC-11 e diclorodifluormetano ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ) ou CFC-12. O triclorofluorcarbono é usado em aerossóis, enquanto que o diclorodifluormetano é tipicamente usado em refrigeradores [63, 64].

Algumas fontes do 1,3,5-cicloheptatrieno são os voláteis da gasolina[72] e do café [73].

A acetonitrila pode ser emitida pela combustão de biomassa [69].

O cloreto de metileno é emitido por tintas, removedores de tintas e aerossóis domésticos [74].

Dentre os compostos identificados, os que apresentaram maior abundância em relação a área do pico, em ordem decrescente, foram o triclorofluorcarbono, 1,3,5-cicloheptatrieno, acetonitrila e o cloreto de metileno.

#### 4.2.2. Avaliação dos COV identificados na Farmácia

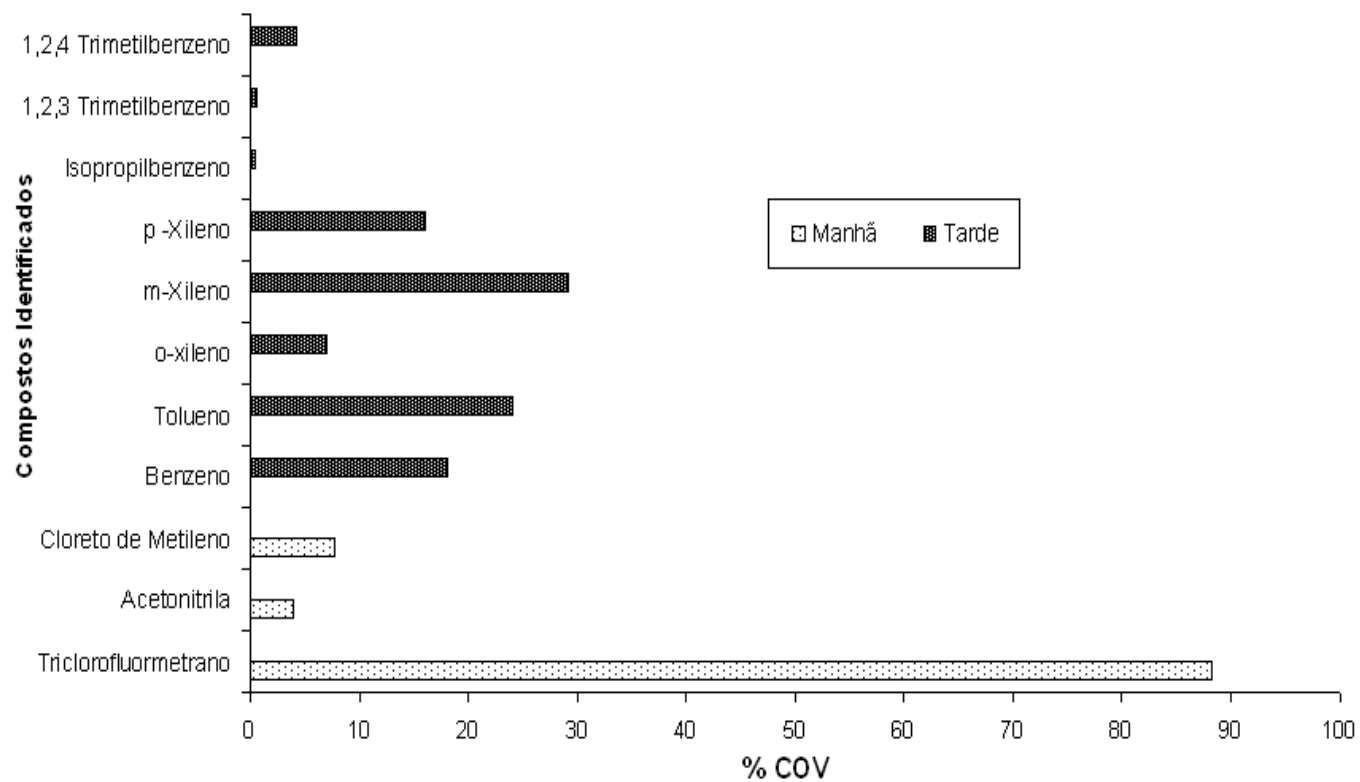


Figura 20: Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Manhã e Tarde).

Tabela 36 Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Triclorofluormetano	88,3	8,6
Acetonitrila	4,0	10,5
Cloreto de Metileno	7,7	11,2

Tabela 37: Abundância dos COV identificados. (Local : Farmácia, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Benzeno	18,2	17,7
Tolueno	24,1	23,1
o-xileno	7,1	27,5
m-Xileno	29,1	27,9
P –Xileno	16,1	28,9
Isopropilbenzeno	0,5	31,90
1,2,3 Trimetilbenzeno	0,6	32,2
1,2,4 Trimetilbenzeno	4,2	33,3

*Os COV identificados no período da manhã foram 2 halogenados e 1 nitrogenado e no período da tarde foram 8 compostos aromáticos.*

Dos 11 compostos que foram identificados na Farmácia, 72,7% são aromáticos (C6 – C9), 18,2% são halogenados (C1) e 9,1% são compostos nitrogenados (C1).

Benzeno, tolueno, o, m, p-xileno e 1,2,4-trimetilbenzeno tem como fontes emissoras a fumaça do tabaco [21], os voláteis da gasolina [72], a fumaça da combustão da gasolina, madeira, plásticos [69], tintas [62].

Dentre os compostos identificados, os que apresentaram maior abundância em relação a área do pico foram o triclorofluormetano, 1,2,4 trimetilbenzeno, acetonitrila, cloreto de metileno, benzeno, tolueno, m, p-xileno.

#### 4.2.3. Avaliação dos COV identificados no Laboratório de Coleta

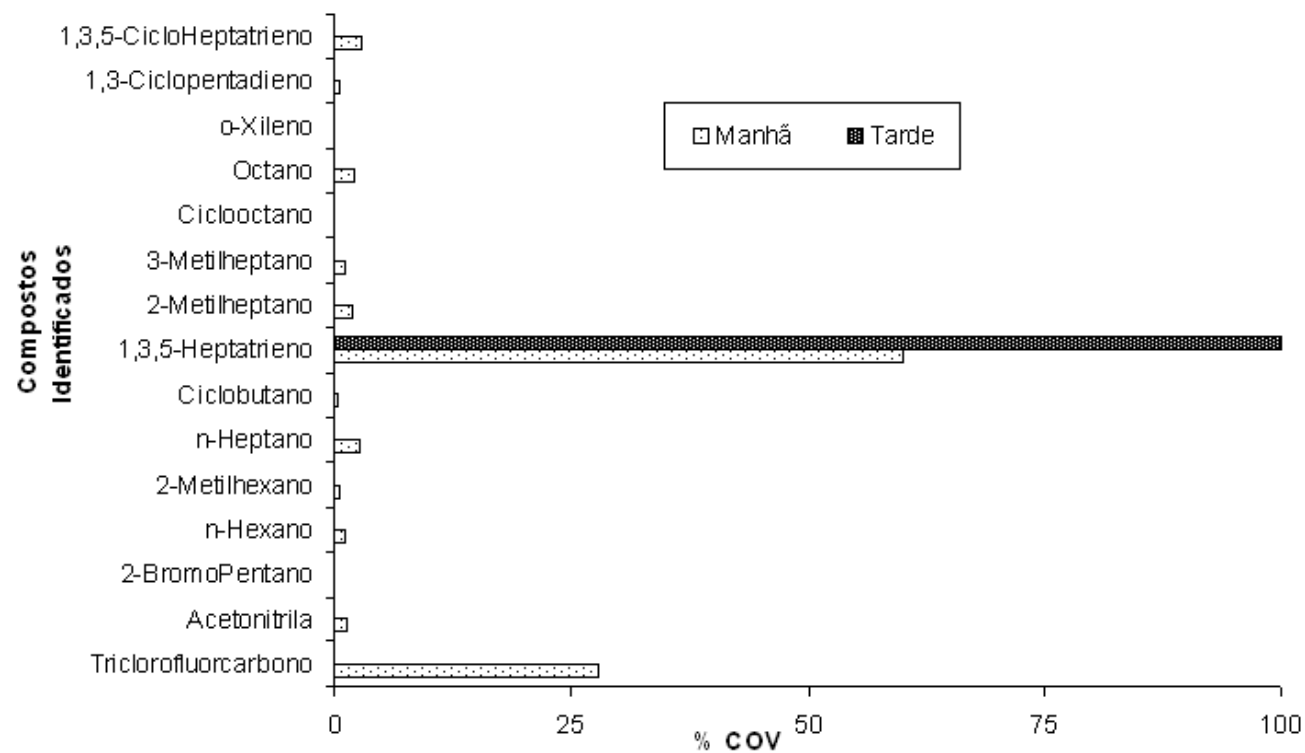


Figura 21: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Manhã e Tarde).

Tabela 38: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Triclorofluorcarbono	27,9	8,6
Acetonitrila	1,4	10,4
n-Hexano	1,1	14,9
2-Metilhexano	0,6	18,5
n-Heptano	2,6	20,3
Ciclobutano	0,3	22,4
1,3,5-Heptatrieno	60,0	23,3
2-Metilheptano	1,9	23,6
3-Metilheptano	1,2	23,9
Ciclooctano	0,2	24,5
Octano	2,0	25,2
o-Xileno	0,2	27,4
1,3-Ciclopentadieno	0,5	27,8

Tabela 39: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Coleta, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
1,3,5-CicloHeptatrieno	100,0	23,0

*Os COV identificados no período da manhã foram 8 alcanos, 2 alcenos, 1 aromático, 1 nitrogenado e 1 halogenado e no período da tarde foi identificado 1 alceno.*

Dos 14 compostos que foram identificados no Laboratório de Coleta, 57,1% são alcanos (C6 - C8), 14,3% são alcenos (C7-C8), 7,1% são aromáticos (C8) e 7,1% são compostos nitrogenados (C1) e 1% são compostos halogenados.

Conforme mencionado anteriormente, os alcanos e alcenos podem ser emitidos por fontes naturais (plantas) e antropogênicas (emissões veiculares) [61, 74]. O o-xileno pode ser encontrado na fumaça do cigarro [21] e tintas [62].



Dentre os compostos identificados, os que apresentaram maior abundância em relação a área do pico foram o triclorofluormetano, 1,3,5-heptatrieno e 1,3,5-cicloheptatrieno.

#### 4.2.4. Avaliação dos COV identificados no Laboratório Didático

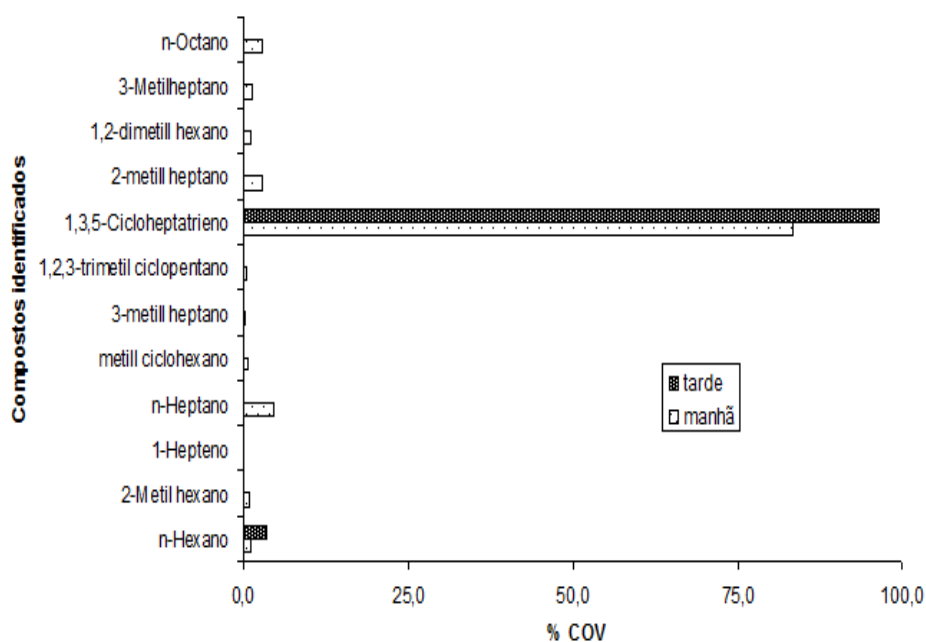


Figura 22: Abundância dos COV identificados no Laboratório Didático nos períodos da manhã e tarde

Tabela 40: Abundância dos COV identificados no Laboratório Didático, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
n-Hexano	1,2	14,9
2-Metil hexano	0,9	18,6
1-Hepteno	0,2	19,1
n-Heptano	4,5	20,3
metil ciclohexano	0,6	20,9
3-metil heptano	0,4	22,0
1,2,3-trimetil ciclopentano	0,5	22,4
1,3,5-Cicloheptatrieno	83,4	23,1
2-metil heptano	2,8	23,5
1,2-dimetil hexano	1,2	23,7
3-Metilheptano	1,3	23,9
n-Octano	2,8	25,1

Tabela 41: Abundância dos COV identificados. (Local : Laboratório de Didático, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
n-Hexano	3,6	14,7
1,3,5-Cicloheptatrieno	96,4	33,3

*Os COV identificados no período da manhã foram 11 alcanos e 2 alcenos e no período da tarde foram 1 alcano e 1 alceno.*

Dos 14 compostos que foram identificados no Laboratório Didático 80% são alcanos (C6 – C9), 20% são alcenos (C7).

Os alcanos e alcenos têm como fontes de emissões no ambiente externo, as fontes naturais (plantas) e antropogênicas (emissões veiculares) [61, 74].

#### 4.2.5. Avaliação dos COV identificados na Endoscopia

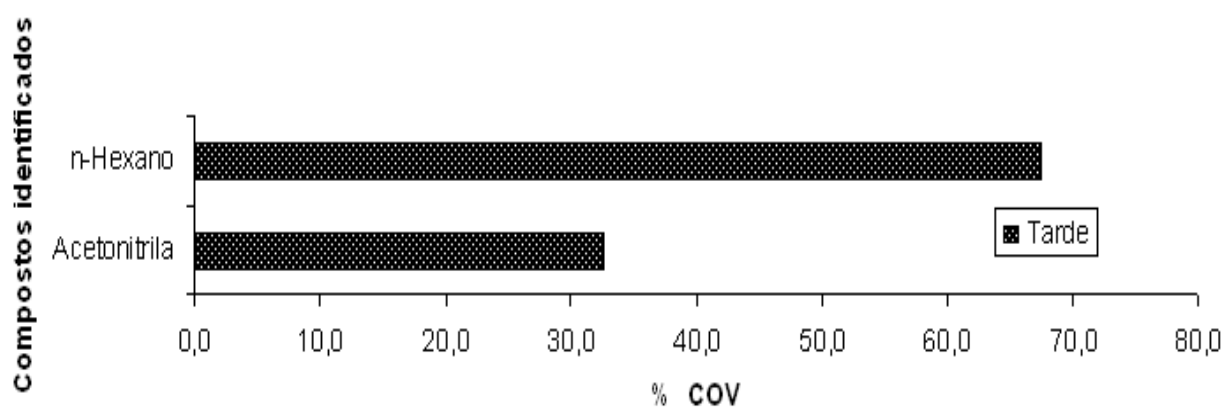


Figura 23: Abundância dos COV identificados. (Local : Endoscopia, Período : Tarde).

Tabela 42: Abundância dos COV identificados. (Local : Endoscopia, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Acetonitrila	32,6	10,1
n-Hexano	67,4	14,9

*Não foi identificado COV no período da manhã na Endoscopia e no período da tarde foram identificados 1 nitrogenado (C1) e 1 alceno (C6).*

O n-hexano é tem como fontes emissoras a fumaça do tabaco [21], os voláteis da gasolina [72], na fumaça da combustão da gasolina, madeira, plásticos [69], tintas [62].

#### 4.2.5. Avaliação dos COV identificados na sala de Serviço de Higienização e Limpeza.

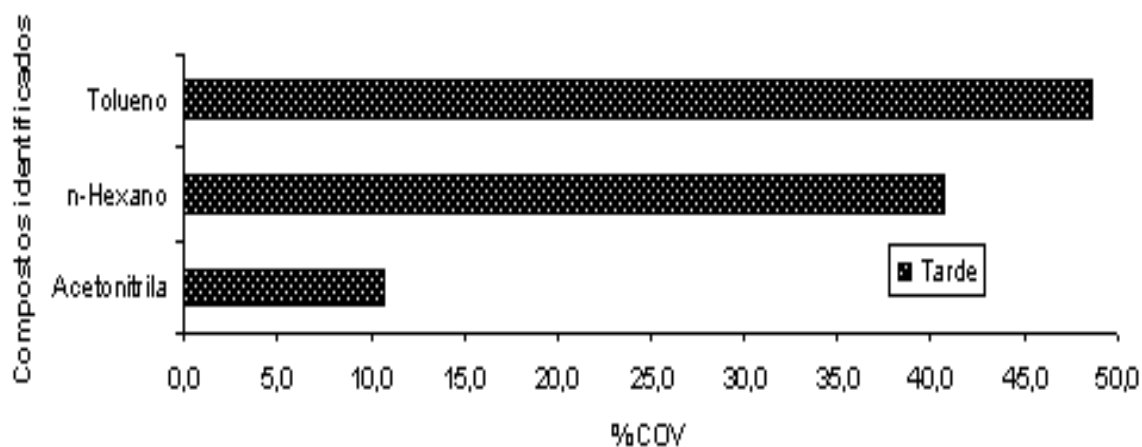


Figura 24: Abundância dos COV identificados (Local : Serviço de Higienização e Limpeza, Período : Tarde).

Tabela 43: Abundância dos COV identificados (Local : Serviço de Higienização e Limpeza, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Acetonitrila	10,7	10,3
n-Hexano	40,6	14,9
Tolueno	48,7	23,0

Não foi identificado COV no período da manhã no Serviço de Higienização e Limpeza e no período da tarde foram identificados 1 nitrogenado (C1), 1 alceno (C6) e um aromático (C7).

O n-hexano e o tolueno podem ser emitidos pela fumaça do tabaco [21], voláteis da gasolina [72], fumaça da combustão da gasolina, madeira, plásticos [69], tintas [62].

#### 4.2.6. Avaliação dos COV identificados no Centro de Materiais de Esterilização

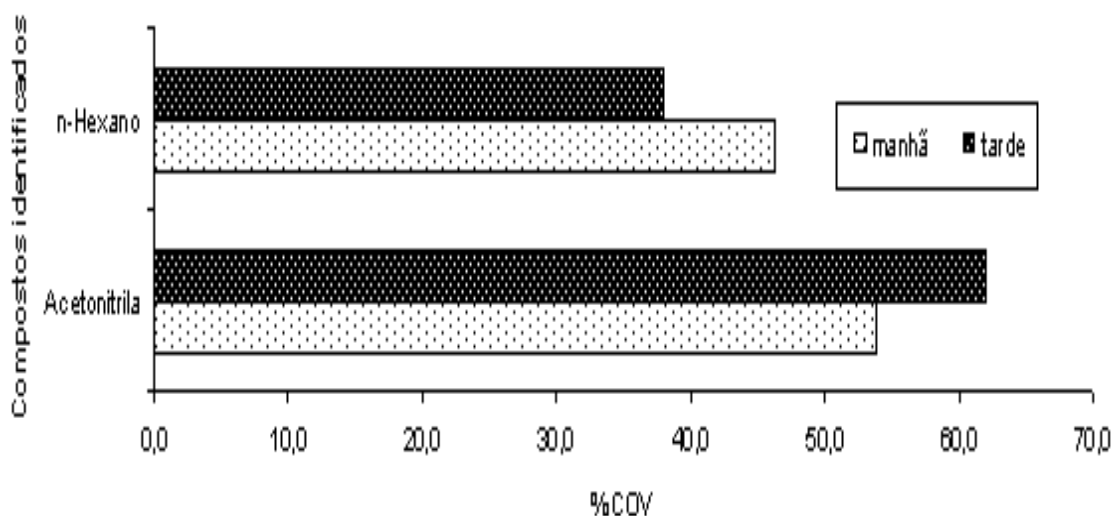


Figura 25: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterilização, Período : Manhã).

Tabela 44: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterilização, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Acetonitrila	53,8	10,1
n-Hexano	46,2	14,9

Tabela 45: Abundância dos COV identificados. (Local : Centro de Materiais de Esterização, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Acetonitrila	62,0	10,1
n-Hexano	38,0	15,0

*Foram identificados acetonitrila e n-hexano no período da manhã e tarde*

#### 4.2.7. Avaliação dos COV identificados na sala da Macroscopia

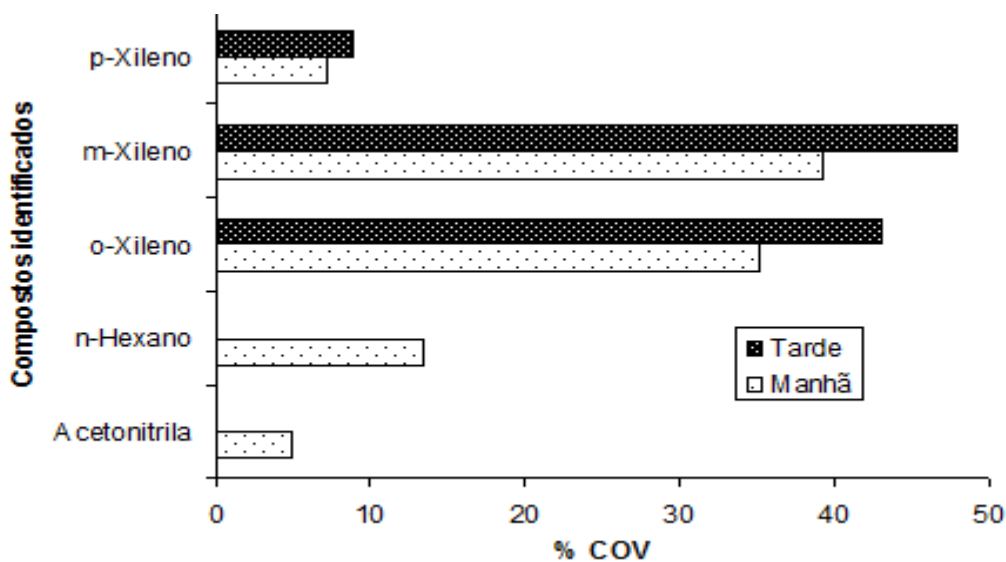


Figura 26: Abundância dos COV identificados. (Local : Macroscopia, Período : Manhã e Tarde).

Tabela 46: Abundância dos COV identificados. (Local : Macroscopia, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
Acetonitrila	5,0	10,1
n-Hexano	13,4	14,9
o-Xileno	35,1	27,4
m-Xileno	39,2	27,8
p-Xileno	7,2	28,8

Tabela 47: Abundância dos COV identificados. (Local : Macroscopia, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
o-Xileno	43,1	27,5
m-Xileno	48,0	27,9
p-Xileno	8,9	28,8

Os COV identificados no período da manhã foram 3 aromáticos, 1 alcano e 1 nitrogenado e no período da tarde foram 3 aromáticos.

Dos 5 compostos identificados na Macroscopia 60% foram aromáticos, 20% alcanos (C8) e 20% são compostos nitrogenados (C1).

Os alcanos e alcenos têm como fontes de emissões no ambiente externo, as fontes naturais (plantas) e antropogênicas (emissões veiculares) [61, 74].

O orto, meta e para xilenos têm como fontes emissoras a fumaça do tabaco [21], os voláteis da gasolina [72], na fumaça da combustão da gasolina, madeira, plásticos [69], tintas [62].

#### 4.2.8. Avaliação dos COV identificados na sala de Técnicas Histológicas

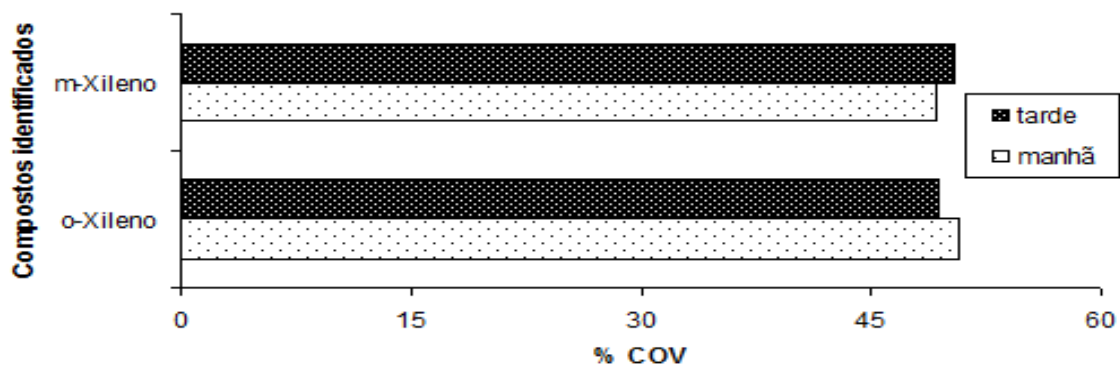


Figura 27: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Manhã e Tarde)

Tabela 48: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Manhã).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico,	Tempo de retenção (min.)
o-Xileno	50,7	27,4
m-Xileno	49,3	27,5

Tabela 49: Abundância dos COV identificados. (Local : Técnicas Histológicas, Período : Tarde).

Compostos Orgânicos Voláteis	Área do pico, %	Tempo de retenção (min.)
o-Xileno	49,5	27,4
m-Xileno	50,5	27,8

*Os compostos identificados no período da manhã e tarde foram aromáticos.*

Os dois compostos identificados na sala de Técnicas Histológicas foram o o-xileno (C8) e o p-xileno (C8).

O orto, meta e para xilenos têm como fontes emissoras a fumaça do tabaco [21], os voláteis da gasolina [72], na fumaça da combustão da gasolina, madeira, plásticos [69], tintas [62].

#### 4.3. Estimativa da exposição do trabalhador à formadeído

Com o intuito de verificar quanto um trabalhador está respirando um determinado composto orgânico volátil durante sua jornada de trabalho foi feito um cálculo baseado no volume mínimo de ar inalado, o qual pode variar em decorrência da atividade desenvolvida por um adulto considerado saudável (Tabela 54).

Tabela 50: Volume minuto em diversas atividades para um adulto saudável [73].

Atividade	Volume minuto (L/min) *
Em pé	9,3
Andando 3,2 Km/h	16
Trabalho leve	19,3
Andando 6,5 km/h	27
Trabalho médio	29,2
Trabalho mediamente pesado	40
Andando de bicicleta 21 km/h	45
Correndo 13 km/h	50
Trabalho pesado	59,2
Correndo 15 km/h	65

(\*) Segundo o *Guidelines for Selection and Use of Respiratory Protective Devices* a vazão de pico inspiratória = 3 x volume minuto.

No presente estudo, o maior valor de razão de mistura dos compostos estudados foi encontrado na sala da Macroscopia no período da manhã para o formaldeído (169,9 ppbv).

Considerando um trabalhador que permanece em pé durante 1 h nesse ambiente interno, pode-se fazer uma estimativa da quantidade de formaldeído inalada:

9,3 L \_\_\_\_\_ 1 min (dado da Tabela 54)

558 L \_\_\_\_\_ 60 min (exposição do trabalhador)

Como foram coletados 142 L de ar e encontrado 169,9 ppbv de formaldeído na sala da Macroscopia, pode-se estimar que esse trabalhador inalou 666,7 ppbv de formaldeído na exposição:

142,2 L \_\_\_\_\_ 169,9 ppbv

558 L \_\_\_\_\_ 666,7 ppbv



## 5. Conclusões :

Foi possível identificar e quantificar 11 dos 15 compostos carbonílicos investigados em 9 ambientes diferentes de trabalho localizados em áreas internas do Hospital Universitário, USP, São Paulo, entre eles, formaldeído, acetaldeído, acetona, acroleína, propionaldeído, crotonaldeído, butiraldeído, benzaldeído, isovaleraldeído, valeraldeído e 2,5-dimetilbenzaldeído. Os compostos mais abundantes em ordem decrescente foram formaldeído, acetona, acetaldeído e acroleína.

O formaldeído, acetaldeído, acetona, acroleína, propionaldeído, crotonaldeído e butiraldeído foram encontrados nos 10 pontos de amostragem, enquanto que o benzaldeído foi encontrado nas salas do CME, LC e AE, o isovaleraldeído nas salas da M, E, LC e AE, o valeraldeído nas salas do LC, LD e AE e o 2,5-dimetilbenzaldeído nas salas da F, A, CME, M, TH, SHE.

Para avaliar a influência das emissões externas nos diversos locais de trabalho estudados, foram feitas medidas simultâneas de compostos carbonílicos nas áreas externas. As razões de mistura entre o ambiente interno e o ambiente externo, isto é, as razões I/E, permitiram indicar a predominância desses compostos nos ambientes internos.

As salas da Macroscopia (manhã: 169,9 e tarde: 90,2 ppbv), Técnicas Histológicas (manhã: 11,7 e tarde: 58,7 ppbv) e do Serviço de Higienização e Limpeza (manhã: 7,56 e tarde: 8,25 ppbv) foram as que apresentaram as maiores razões de misturas de formaldeído em decorrência das atividades desenvolvidas nesses locais.

Conforme a Health Canada, exposições prolongadas de formaldeído acima de 40 ppbv em ambientes internos provocam sintomas respiratórios como tosse, tontura, alergia especialmente em crianças e exposições curtas e prolongadas acima de 100 ppbv provocam sensação de irritação nos olhos, nariz e garganta. No caso da sala de Macroscopia, os níveis de formaldeído encontrados estão acima do limite estabelecido pela ASHRAE e pela Health Canada, 100 ppbv, limite para ambientes não industriais. Alguns dos sintomas apresentados pela Health Canada foram relatados pelos trabalhadores ocupantes da sala da Macroscopia (Anexo 2).

A sala de Macroscopia foi a que apresentou as maiores razões de mistura de acetaldeído (manhã: 11,69 e tarde: 10,73 ppbv). A razão I/E > 2 nos dois períodos

estudados demonstra que há fontes predominantes de acetaldeído no ambiente interno da sala da Macroscopia. Em decorrência dos valores altos das razões de mistura encontradas nas salas da Macroscopia e Técnicas Histológicas, recomenda-se a utilização de sistemas de renovação do ar, como geral diluidora e local exaustora.

Nos demais locais estudados onde foram obtidos razões I/E > 2 para formaldeído e acetaldeído, é possível concluir que as fontes de emissões são provenientes do ambiente interno emitidos provavelmente por materiais de construção e acabamento, mobílias, roupas, adesivos, madeiras aglomeradas, fumaça do tabaco e metabolismo humano. Já para os locais que apresentaram razão I/E < 1, pode-se sugerir que há influência do ar externo no ambiente interno.

A acroleína foi encontrada na faixa de 6,4 a 9,3 ppbv nos ambientes internos estudados. Na Área Externa foram encontrados valores compatíveis (6,4 e 6,8 ppbv, manhã e tarde, respectivamente) com aqueles observados em grandes centros urbanos (9 ppbv) [28]

Além dos compostos carbonílicos, foram identificados 43 COV. Entre eles, estão os alcanos, alcenos, compostos aromáticos, nitrogenados e halogenados.

Os COV identificados podem ter sido emitidos por fontes internas através de materiais de construção e acabamento, via metabolismo microbiano e bacteriano ou podem ser transportados por correntes de ar do ambiente externo para o ambiente interno.

De acordo com a Resolução 176 sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, fornecida pelo Ministério da Saúde do Brasil, ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo devem apresentar parâmetros, tais como, CO<sub>2</sub>, temperatura e outros, controlados. Durante a estação do inverno, é recomendado um limite máximo de 1000 ppm para CO<sub>2</sub> e uma temperatura entre 20 a 22°C. No presente estudo, o monitoramento de CO<sub>2</sub> e temperatura (Tabelas 8 e 9) mostraram que a maioria dos ambientes internos apresentou valores maiores do que os recomendados.

## 6. Trabalhos Futuros

Realizar medidas de compostos orgânicos voláteis em ambientes internos de outros hospitais para comparar a qualidade do ar nos diversos ambientes hospitalares.

## 7. Referências Bibliográficas

- [1] Brooks, B. O.; Davis, W. F. *Understanding Indoor Air Quality*. Florida, CRC Press Inc. 1992, 189 p.
- [2] Godish, T. *Indoor Air Pollution Control*, Lewis Publishers. New York, 1989, 401 p.
- [3] Godish, T. *Air Quality*. 3ª Ed. USA, Lewis Publishers. New York, 1997, p. 448.
- [4] Montero, L.; Vasconcellos P.C.; Pires, M. A.; Sanches-Ccoyllo, O.R.; Andrade, M. F.; Carvalho, L.R.F. Measurements of Atmospheric Carboxylic Acids and Carbonyl Compounds in São Paulo City, Brazil. *Environ. Sci. Technol*, São Paulo v.35, p. 3071-3081, 2001.
- [5] Santana de Andrade, M. V. A. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. *Quím. Nova*, Bahia, v. 25, n. 6B, p. 1117-1131, 2002.
- [6] Funasaka, K.; Miyazaki, T.; Kawaraya, T.; Tsuruho, K., Mizuno, T. Characteristics of particulates and gaseous pollutants in a highway tunnel. *Environ. Pollut.*, Japan v.102, p.171-176, 1998.
- [7] Pires, M.; L.; Carvalho, L. R. F. Presença de Compostos Carbonílicos no Ar em Ambientes Internos na Cidade de São Paulo; *Quim. Nova*, São Paulo v. 22: p.487 – 496, 1999.
- [8] Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R. de. A qualidade do ar de interiores e a química. *Quím. Nova*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 65 – 74, 1999.
- [9] Carmo, A. T.; Prado, R. T. A. Qualidade do ar interno, Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23. São Paulo, EPUSP, 1999, p. 35.
- [10] *Indoor Air Facts No. 4 (Revise): Sick Building Syndrome (SBS)*. Disponível em: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html>. Acesso em : 15/05/2009.
- [11] Finnegan, M. J.; Pickering, C. A.; Burge, P. S. The sick building syndrome: prevalence studies. *Br Med J (Clin Res Ed)*. *Manchester* v. 289 n. 6458, p.1573-5, 1984.
- [12] Sterling, E.; Sterling, T. The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting types on building illness: an experimental study. *Can J Public Health*, Canada v.74, n.6, p.385-92, 1983.

- [13] Stolwijk, J. A. The sick building syndrome. Recent advances in health sciences. Stockholm, Liber Tryck, 1984.
- [14] Skov, P.; Valbjorn, O.; Pedersen, B. V. Influence of personal characteristics, job-related factors and psychosocial factors on the sick building syndrome. Danish Indoor Climate Study Group. Scand J Work Environ Health, Lund, v.15, n.4, p. 286 - 95, 1989.
- [15] Skov, P. The sick building syndrome. Ann N Y Acad Sci, Lund, v. 641, p. 17 - 20, 1992.
- [16] Machado R. A. Avaliação de compostos orgânicos voláteis em ambientes interiores climatizados. São Paulo. Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. 2003
- [17] Aylward, C.; Harris, R. S.; Harrison, P. T. C. Analysis of Topics and Trends in Indoor Environment Research in Europe: Studies in Indoor Monitoring. Indoor Built. Environ. Leicester, v.14, n.3-4, p.197–200, 2005.
- [18] Pisani, S. O.; Bruns, R.E.; Vasconcelos, P. C.; Carvalho, L. R. F. Artifact evidence in carbonyl compounds sampling the enclosure technique with cuvette system. Journal of Environmental Monitoring, v. 5, n. 5, p 795 – 801, 1998.
- [19] Carvalho, L. R. F.; Vasconcelos, P. C.; Mantovani, W.; Pool, C. S.; Pisani, S. O. Measurements of biogenic hydrocarbons and carbonyl compounds emitted by trees from temperate warm Atlantic rainforest, Journal of Environmental Monitoring, São Paulo v. 7, n.5, p. 493 – 499, 2005.
- [20] Pires, M.; Carvalho, L. R. F. Na artifact in air carbonyl sampling using C18 DNPH-coated cartridge. Analytica Chimica Acta, São Paulo v. 367, p. 223 – 231, 1998.
- [21] Garcia-Alonso, S.; Pérez-Pastor, R. M. Use of C18 and sílica-gel coated Sep-Pak cartridges for the determination of carbonyls in air by liquid chromatography. Analytica Chimica Acta, Madrid v. 367, p. 93 – 99, 1998.
- [22] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Second Edition Compendium Method TO-11A, Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268 January 1999.

- [23] Pereira, E. A.; Cardoso, A. A.; Dasgupta, P. K., Gota Suspensa Para Avaliação de Aldeído Total no Ar Interno e Externo do Ambiente. *Quim. Nova*, Araraquara v. 24, p. 443 - 448, 2001.
- [24] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Second Edition. Compendium Method TO-14A, Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Ambient Air Using Specially Prepared Canisters With Subsequent Analysis By Gas Chromatography Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268 January 1999.
- [25] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Second Edition. Compendium Method TO-17, Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling. Onto Sorbent Tubes Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268 January 1997.
- [26] Seinfeld, J. H.; Pandis, S. N. Atmospheric chemistry and physics. John Wiley & Sons. New York, 1998.
- [27] Cavalcante, R.M.; Seyffert, B. H.; D'Oca, M. G. M.; Nascimento, R. F.; Campelo, C. S.; Pinto, I. S.; Anjos, F. B.; Costa, A. H.R. Exposure Assessment for Formaldehyde and Acetaldehyde in the Workplace. *Indoor Built Environ.* v. 14, n. 2, p. 165 – 172, 2004.
- [28] U. S. Environmental Protection Agency. Formaldehyde. Hazard Summary-Created in April 1992. Revised in January 2000. Disponível em <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/formalde.html>. Acesso em : 23/05/2009.
- [29] Hollowell, C. D.; Miksch, R. R. Sources and concentrations of organic compounds in indoor environmental. *Bull. N. Y. Acad. Med., California*, v. 57, n.10, p. 962 – 977, 1981.
- [30] Bi, X.; Sheng, G.; Feng, Y.; Fu, J.; Xie, J. Gas and particulate-phase specific tracer and toxic organic compounds in environmental tobacco smoke. *China, Chemosphere* v. 61, p. 1512 – 1522, 2005.
- [31] World Health Organization. Indoor Air Pollution. Children's Health and the Environment Disponível em:

- [www.who.int/entity/ceh/capacity/Indoor\\_Air\\_Pollution.pdf](http://www.who.int/entity/ceh/capacity/Indoor_Air_Pollution.pdf). Acesso em: 27/04/2009.
- [32] World Health Organization. Formaldehyde. Concise International Chemical Assessment Document 40: Disponível em : [whqlibdoc.who.int/hq/2002/a73769.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2002/a73769.pdf). Acesso em: 10/03/2009.
- [33] National Center For Environmental Research, 2004 Progress Report: Relationship between Indoor, Outdoor and Personal Air (RIOPA). Part II: Analyses of Concentrations of Particulate Matter Species. Disponível em : [http://cfpub.epa.gov/ncer\\_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/6218/report/2004](http://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/6218/report/2004). Acesso em: 01/03/2009.
- [34] Office of Pollution Prevention and Toxics (OPPT) Publications - Alphabetical Listing. Disponível em : <http://www.epa.gov/oppt/pubs/genpub.htm>. Acesso em : 12/04/2009.
- [35] Gioda, A.; Neto, F. R. A. Chemical Pollution Related to the Indoor air in Brazil. *Quim. Nova*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 359 – 365, 2003.
- [36] Carvalho, L. R. F., *Análise de Possíveis Riscos à Saúde Humana por Exposição à Poluentes Tóxicos no ar: As nossas Contribuições*. Texto Crítico sistematizando parte da obra acadêmica da autora apresentado ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo para o Concurso de Livre Docência. São Paulo, 1998.
- [37] Ministério da Saúde, Portaria 3523 de 28 de agosto de 1998.
- [38] ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução 176 de 24 de outubro de 2000.
- [39] Grosjean, D.; Miguel, A. H., Tavares, T. M. Urban Air Pollution In Brazil: Acetaldehyde And Other Carbonyls, *Atmos. Environ.* Salvador, v. 24B, p. 101-106, 1990.
- [40] Brickus, L. S. R.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; Distributions of Indoor and Outdoor Air Pollutants in Rio de Janeiro, Brazil: Implications to Indoor Air Quality in Bayside Offices. *Environ. Sci. Technol.*, Rio de Janeiro, v. 32, p. 3485 - 3490, 1998.
- [41] Saad, S. G., V. *Integrated Environmental Management for Hospitals, Indoor and Built Environmental*, Prague, v. 12, p. 93 – 98, 2003.

- [42] Nosková, T.; Voleková, J.; Sobotová, L. Hygiene Problems in the Building and Technical Equipping of Hospital Surgery Departments, *Indoor and Built Environmental*, v. 12, Bratislava, p. 89 - 92, 2003.
- [43] U. S. Environmental Protection Agency. Acetaldehyde. Hazard Summary-Created in April 1992. Revised in January 2000. Disponível em <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/acetalde.html>. Acesso em: 11/01/2009.
- [44] Publicação no Diário Oficial da União. NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978
- [45] Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. Limites de Exposição Ocupacionais (TLVs<sup>®</sup>) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs<sup>®</sup>), 2008.
- [46] Secretária do Estado da Administração, Portaria n. 2.466/96/SEA, Florianópolis, 25 de Junho de 1996.
- [47] Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Indoor Quality and Climate. Indoor Air 2002, Monterey, California.
- [48] Ribani, M.; Bottoli, C. B. G.; Collins, C. H.; Jardim, I. C. S. F.; Melo, L. F. C. Validação em Métodos Cromatográficos e Eletroforéticos, *Quim. Nova*, Campinas v. 27, n. 5, p. 771 - 780, 2004.,
- [49] Poll, C. S. Contribuições de compostos antropogênicos e biogênicos na atmosfera da cidade de São Paulo. São Paulo. Dissertação – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, 2004.
- [50] Petillo, VLS. Avaliação de desinfetantes de uso geral quanto à emissão de formaldeído. São Paulo; Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2002.
- [51] Sodré, E. D.; Corrêa, S. M.; Arbilla, Graciela A.; Marques, M rcia M., Principais carbonilas no ar de locais públicos no Rio de Janeiro, *Química Nova*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 249 -253, 2008.
- [52] Health effects at different levels of formaldehyde. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/in/poll/construction/formaldehyde-eng.php>. Acesso em : 25/05/2008.
- [53] Cavalcante, R.C. ; Seyffert, B. H.; Montes, M. G.; Nascimento, D. R. F.; Campelo, C. S.; Pinto, I.S.; Anjos, F. B.; Costa, A. H.R. Exposure Assessment for

Formaldehyde and Acetaldehyde in the Workplace. Indoor and Built Environment. Paraíba, V. 14, n.2, p. 165 -172, september 2004.

- [54] U. S. Environmental Protection Agency. Acetaldehyde. Hazard Summary-Created in April 1992. Revised in January 2000. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/acetalde.html>.. Acesso em : 04/05/2009.
- [55] Government of Australian, Acetaldehyde Air Facts: < <http://www.npi.gov.au/database/substance-info/profiles/1.html#sourcesof>>. Acesso em: 23/04/2009.
- [56] Acetone (Screening Information Data Set - SIDs) : Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/67641.pdf>. Acesso em 12/04/2009.
- [57] Seaman, V.Y.; Bennett, D. H.; Cahill, T.M. Origin, Occurrence, and Source Emission Rate of Acrolein in Residential, Indoor Air. Environ. Sci. Technol., California, v. 41, p.6940-6946, 2007.
- [58] U. S. Environmental Protection Agency. Acrolein. Hazard Summary-Created in April 1992. Revised in January 2000. Disponível em <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/acrolein.html>. Acesso em : 10/04/2009.
- [59] Santarsiero, A.; Fuselli, S. Indoor and outdoor air carbonyl compounds correlation elucidated by principal component analysis. Environmental Research. Rome, v. 106, p. 139 – 147, 2008.
- [60] U. S. Environmental Protection Agency. Propionaldehyde. Hazard Summary-Created in April 1992; Revised in January 2000. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/propiona.html>. Acesso em :10/04/2009.
- [61] International Agency for Research on Cancer (IARC) , crotonaldehyde. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol63/crotonaldehyde.html> > Acesso em 09/05/2009.
- [62] Concise International Chemical Assessment Document 74. 2-Butenal. <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad74.pdf>. Disponível em: 09/05/2009.
- [63] Bi, X.; Sheng, G.; Feng, Y.; Fu, J.; Xie, J. Gas and particulate-phase specific tracer and toxic organic compounds in environmental tobacco smoke. Chemosphere, China, v. 61, p. 1512 – 1522, 2005.
- [64] Thermal Degradation Products of Polyethylene, Polypropylene, Polystyrene, Polyvinylchloride and Polytetrafluoroethylene in the Processing of Plastics:



- Disponível em: <http://gupea.ub.gu.se/dspace/handle/2077/4191>, Acesso em : 26/05/2009.
- [65] Tuazon, E. C.; Aret, J.; Atkinson, R.; Aschmann, S. M. Gas-phase reactions of 2-vinylpyridine and styrene with OH air, NO<sub>3</sub> radical and O<sub>3</sub>. *Environ. Sci. Technol.*, v. 27, p. 1832 – 1841, 1993.
- [66] Nunes, F. M. N.; Pereira, P. A. de P.; Andrade, J. de A.; Reações de Ozonólise em olefinas em fase gasosa, *Quim. Nova, Salvador*, v. 23, p. 794 – 804, 2000.
- [67] U. S. Environmental Protection Agency. Styrene. Hazard Summary-Created in April 1992; Revised in January 2000. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html>
- [68] Foreword introduction Isovaleraldeido Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/sids/sids/590-86-3.pdf>>. Acesso em 10/05/2009
- [69] U.S. EPA, Research and Development, Emissions of organic air form open burning. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/590-86-3.pdf>. Acesso em 20/05/2009.
- [70] Foreword introduction Valeraldeido Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/sids/sids/110623.pdf>>. Acesso em 10/05/2009
- [71] Proceedings 82<sup>nd</sup> A&WMA Annual Meeting, Anaheim, CA, USA, 06/25-30/89; p. 2- 14, 1989. Assessing indoor exposure to volatile organic compounds released from paint using the NASA data base.
- [72] Souza, M. de L., Avaliação de um Biofiltro Piloto para a Desodorização de Compostos Orgânicos Voláteis do Setor Petroquímico. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis-SC, 2007.
- [73] Amstalden, L. C.; Leite, F.; Menezes, H. C. Identificação e Quantificação de Voláteis de Café através de Cromatografia Gasosa de Alta Resolução / Espectrometria de Massas empregando um Amostrador Automático de Headspace. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 21, n. 1, p. 123 - 128, jan.-abr. 2001.
- [74] Vega, E.; Sanchez, G.; Reyes, E.; Arriaga, J.; Chow, J. Watson, J. and Egami, R. Volatile organic compounds emissions from gasoline and diesel powered vehicle. *Atmósfera, Reno*, v. 14, p. 29-37, 2001.

- [75] Korpi, A. Järnberg, J. e Liisa-Pasanen, A. Microbial volatile organic compounds (MVOCs), 2006. Disponível em [http://www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006\\_13.pdf](http://www.inchem.org/documents/kemi/kemi/ah2006_13.pdf) Acesso em: 17/05/2009.
- [76] Torloni, M e Vieira, A. V. Manual de Proteção Respiratória. ABHO. 2003

## ANEXOS

## Anexo 1: Toxicidade dos COV identificados

## Toxicidade dos Compostos Orgânicos Voláteis encontrados

As Tabelas abaixo referem-se aos dados de Toxicidade dos COV identificados.

Dados de Toxicidade dos compostos carbonílicos avaliados.

	Carcinogenicidade	Mutagenicidade	Teratogenicidade	LD50 (oral) Rato mg/Kg	Irritabilidade Ocular	Irritabilidade Dérmica	Irritabilidade Inalatória	CAS #
Formaldeído	Sim	Não confirmado.	S I	800	Sim	Sim	Sim	50-00-0
Acetaldeído	Não	Sim	Sim	661	Sim	Sim	Sim	75-07-0
Acetona	Não	S I		5800	Sim	Sim	Sim	67-64-1
Acroleína	Não	Sim	Sim	S I	Sim	Sim	Sim	107-02-8
Propionaldeído	S I	Sim	S I	1700	Sim	Sim	Sim	123-38-6
Crotonaldeído	Não confirmado.	Sim	S I	80	Fortemente irritante	S I	S I	4170-30-3
Butiraldeído	S I	Sim	S I	2490	Sim	Sim	Sim	123-72-8
Benzaldeído	Exposição pode Induzir à leucemia.	S I	S I	1300	Sim	Sim	Sim	100-52-7
Isovaleraldeído	S I	S I	S I	5600	Sim	Sim	Sim	590-86-3
Valeraldeído	S I	Sim	S I	6560	Os vapores podem ser irritantes aos olhos.	Levemente Irritante	Levemente irritante	110-62-3
o-Tolualdeído	S I	S I	S I	S I	Sim	Sim	Sim	
m/p-Tolualdeído	S I	S I	S I	1600	Sim	Sim	Sim	620-23-5
Hexaldeído	Não	Não	S I	4890	Sim	Sim	Sim	66-25-1
2,5-Dimetilbenzaldeído	S I	S I	S I	S I	Sim	Sim	Sim	5779-94-2

S I = Não foi encontrado os dados na literatura

Dados de Toxicidade dos alcanos e alcenos avaliados.

	Carcinogenicidade	Mutagenicidade	Teratogenicidade	LD50 (oral) Rato mg/Kg	Irritabilidade ocular	Irritabilidade dérmica	Irritabilidade inalatória	CAS #
1,2-dimetil- ciclohexano	SI	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	583-57-3
2-etil-hexano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NE
3-etil 2-metil Pentano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NE
2-metil Heptano	SI	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	592-27-8
2-metil Hexano	SI	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	591-76-4
Ciclobutano	Não	Não	Não	SI	Não	Não	Não	287-23-0
Ciclohexano	SI	Sim	SI	12705	Sim	Sim	Sim	110-82-7
Ciclooctano	SI	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	292-64-8
Isopentano	Não	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	78-78-4
n-heptano	Não	SI	SI	15000	Sim	Sim	Sim	142-82-5
n-hexano	Sim	SI	SI	28710	Sim	Sim	Sim	110-54-3
n-octano	SI	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	111-65-9
cis-2-octeno	Não	SI	SI	SI	Sim	Sim	Sim	7642-04-8
cloreto de metileno	Sim	Não	Não	1600	Sim	Sim	Sim	75-09-2
1,3,5- cicloheptatrieno	SI	Sim	SI	57	Sim	Sim	Sim	544-25-2
1,3,5-heptatrieno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NE
1,3-ciclopentadieno	Não	Não	Não	SI	Sim	Sim	Sim	542-92-7

S I = Não foi encontrado os dados na literatura, NE = Não encontrado

Dados de Toxicidade dos compostos aromáticos avaliados.

	Carcinogenicidade	Mutagenicidade	Teratogenicidade	LD50 (oral) Rato mg/Kg	Irritabilidade ocular	Irritabilidade dérmica	Irritabilidade inalatória	CAS #
Benzeno	Sim	Sim	Sim	930	Sim Vapor irritante	Sim	Sim	71-43-2
Isopropilbenzeno	Não	Sim	S I	1400	Sim	Sim	Sim	98-82-8
Tolueno	Não	Sim	Sim	636	Sim	Sim	Sim	108-88-3
o-Xileno	Não	Não	Não	3609	Sim	Sim	Sim	95-47-6
m-Xileno	Não	Não	Sim	5000	Sim	Sim	Sim	108-38-3
p-Xileno	Sim	Não	Sim	5000	Sim	Sim	Sim	106-42-3
1,2,3- Trimetilbenzeno	S I	Sim	Não	5000	Sim	Sim	Sim	526-73-8

S I = Não foi encontrado os dados na literatura

Dados de Toxicidade dos compostos nitrogenados e halogenados avaliados.

	Carcinogenicidade	Mutagenicidade	Teratogenicidade	LD50 (oral) Rato mg/Kg	Irritabilidade ocular	Irritabilidade dérmica	Irritabilidade inalatória	CAS #
Acetonitrila	Não	Não	S I	2730 - 3800	Sim	Sim	Sim	75-05-8
Triclorofluormetano	Não	S I	S I	LD50>1500	Sim	Sim	Sim	75-69-4

S I = Não foi encontrado os dados na literatura

Anexo 2: Formulários respondidos pelos  
funcionários do Hospital  
Universitário



**Instituto de Química \_USP**  
**LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**  
**Macroscopia 1º andar**

**Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:**

- 1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das 6:00 as 18:00h  
 2 a 4 pessoas     5 a 7 pessoas     8 a 10 pessoas     11 a 15 pessoas
- 2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local..  
 6 horas     8 horas     12 horas
- 3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local  
 18 a 30 anos     31 a 40 anos     41 a 50 anos     51 a 60 anos
- 4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.

4 médicos

2 médicos

1 a 7 anos     8 a 15 anos     16 a 25 anos

3 técnicos

2 técnicos

2 técnicos

5) Qual a atividade realizada neste local:

exame macroscópico: com, trena, medidas,  
peso, abre a peça,

**As pessoas que trabalham neste local sentem:**

irritação nos olhos

tontura

dor de cabeça

sensação de odor

irritação nas vias aéreas superiores

irritação nas vias aéreas inferiores

**Instituto de Química \_USP**  
**LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**

**Farmácia 1º andar**

**Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:**

- 1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das <sup>7</sup>0:00 as <sup>19</sup>18:00h  
 2 a 4 pessoas    5 a 7 pessoas    8 a 10 pessoas    11 a 15 pessoas
- 2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local..  
 6 horas    8 horas    12 horas
- 3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local  
 18 a 30 anos    31 a 40 anos    41 a 50 anos    51 a 60 anos
- 4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.  
 1 a 7 anos    8 a 15 anos    16 a 25 anos

5) Qual a atividade realizada neste local:

*separação de medicamentos*

**As pessoas que trabalham neste local sentem:**

- |  |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> irritação nos olhos                  |
| <input type="checkbox"/> tontura   |
| <input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça                        |
| <input type="checkbox"/> sensação de odor                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas superiores |
| <input type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas inferiores            |

**Instituto de Química \_USP**  
**LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**

**Endoscopia**  
Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:

7 as 19:00h

1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das ~~6:00~~ ~~as~~ ~~18:00h~~

2 a 4 pessoas    5 a 7 pessoas    8 a 10 pessoas    11 a 15 pessoas

2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local..

6 horas    8 horas    12 horas    10 horas ok

3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local

18 a 30 anos    31 a 40 anos    41 a 50 anos    51 a 60 anos

4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.

1 a 7 anos    8 a 15 anos    16 a 25 anos

5) Qual a atividade realizada neste local:

Exame diagnóstico

As pessoas que trabalham neste local sentem:
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nos olhos
<input checked="" type="checkbox"/> tontura
<input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça
<input checked="" type="checkbox"/> sensação de odor
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas superiores
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas inferiores

OBS:- Principal com relação ao glutanal deído.  
- Falta de odor com relação ao ambiente  
- Sente o odor em grandes concentrações

Instituto de Química \_USP

LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente

Técnicas Histológicas 1º andar

Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:

1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das 6:00 as 18:00h

2 a 4 pessoas    5 a 7 pessoas    8 a 10 pessoas    11 a 15 pessoas

2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local.

6 horas    8 horas    12 horas

3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local

18 a 30 anos    31 a 40 anos    41 a 50 anos    51 a 60 anos

4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.

1 a 7 anos    8 a 15 anos    16 a 25 anos

5) Qual a atividade realizada neste local:

*Preparação de histológicas e citológicas.*

As pessoas que trabalham neste local sentem:
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nos olhos
<input type="checkbox"/> tontura
<input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça
<input checked="" type="checkbox"/> sensação de odor
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas superiores
<input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas inferiores



**Instituto de Química \_USP**  
**LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**

**Almozarifado**

**Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:**

- 1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das 6:00 as 18:00h  
 2 a 4 pessoas     5 a 7 pessoas     8 a 10 pessoas     11 a 15 pessoas
- 2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local.  
 6 horas     8 horas     12 horas
- 3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local  
 18 a 30 anos     31 a 40 anos     41 a 50 anos     51 a 60 anos
- 4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.  
 1 a 7 anos     8 a 15 anos     16 a 25 anos
- 5) Qual a atividade realizada neste local:

*separação de materiais,*

**As pessoas que trabalham neste local sentem:**

- |  |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> irritação nos olhos                  |
| <input type="checkbox"/> tontura   |
| <input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça                        |
| <input type="checkbox"/> sensação de odor                                |
| <input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas superiores |
| <input checked="" type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas inferiores |

**Instituto de Química \_USP**  
**LEMA – Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**

**CME 1º andar**

**Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:**

- 1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das 6:00 as 18:00h  
 2 a 4 pessoas     5 a 7 pessoas     8 a 10 pessoas     11 a 15 pessoas
- 2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local.  
 6 horas     8 horas     12 horas
- 3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local  
 18 a 30 anos     31 a 40 anos     41 a 50 anos     51 a 60 anos
- 4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.  
 1 a 7 anos     8 a 15 anos     16 a 25 anos

5) Qual a atividade realizada neste local:

*Limpeza e esterilização de instrumentais*

**As pessoas que trabalham neste local sentem:**

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> irritação nos olhos                  |
| <input type="checkbox"/> tontura                              |
| <input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça             |
| <input checked="" type="checkbox"/> sensação de odor          |
| <input type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas superiores |
| <input type="checkbox"/> irritação nas vias aéreas inferiores |

**Instituto de Química - USP**  
**LEMA - Laboratório de Estudos do Meio Ambiente**

**SHE**

Este questionário tem o intuito de realizar um levantamento sobre os seguintes dados:

1) Número médio de pessoas que permanecem neste local entre das 6:00 as 18:00h

2 a 4 pessoas    5 a 7 pessoas    8 a 10 pessoas    11 a 15 pessoas

*acima de 15 pessoas*

2) Tempo médio, em horas, que as pessoas permanecem no local.

6 horas    8 horas    12 horas

3) Faixa de idade das pessoas que permanecem no local

18 a 30 anos    31 a 40 anos    41 a 50 anos    51 a 60 anos

4) Tempo médio de serviço, em anos, das pessoas que trabalham no local.

1 a 7 anos    8 a 15 anos    16 a 25 anos

5) Qual a atividade realizada neste local:

*Atividades do setor de limpeza  
& Higienização Hospitalar.*

**As pessoas que trabalham neste local sentem:**

irritação nos olhos

tontura

dor de cabeça

sensação de odor

irritação nas vias aéreas superiores

irritação nas vias aéreas inferiores

*ausência das alternativas.*

*[Assinatura]*  
Carro  
Esp