



**Estudo da Qualidade do Ar Interior em Infantários da
Região Autónoma da Madeira**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Suati Denise Pereira de Castro

MESTRADO EM BIOQUÍMICA APLICADA



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

Janeiro | 2011

Ma

Est



CENTRO DE COMPETÊNCIAS DE CIÊNCIAS EXACTAS E DA ENGENHARIA

ESTUDO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM INFANTÁRIOS DA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM BIOQUÍMICA APLICADA

Suati Denise Pereira de Castro

Orientadora: Professora Doutora Nereida Cordeiro

Co-orientadora: Doutora Gabriela Ventura Silva

Janeiro de 2011

Aos meus primos *Marta e Martim*
que possam crescer num ambiente com ar mais puro,
e que um dia ao ingressarem na Universidade
estejam a seguir os seus planos e sonhos para o futuro

Agradecimentos

A **Deus** por me ter acompanhado em todos os anos de estudo, por me ter orientado e guiado nas dúvidas e incertezas, por me ter amparado e dado força nas dificuldades:

“Graças dou, sim, pela vida, Que o bom Deus a mim legou; Graças dou por meu futuro, E por tudo o que passou; Pelas bênçãos derramadas, Pela dor e aflição; Pelo Seu cuidado infindo, Pela graça do perdão.	Graças pelo azul celeste, E por nuvens que há também; Pelas rosas do caminho E os espinhos que elas têm; Pela aurora, pela noite, Pela estrela que brilhou; Pela prece respondida, E a esperança que raiou.	Pela cruz e o sofrimento, E eternal ressurreição; Pelo amor que é sem medida, Pela paz no coração; Pela lágrima vertida E o consolo que é sem-par; Pelo dom da eterna vida, Sempre a Deus irei louvar.”
---	--	--

August Ludvig Storm e Johnnes Alfred Hultman

Hino nº 247 “Graças” (“Thanks to God for My Redeemer”), Hinário Adventista do Sétimo Dia

À **minha família**, especialmente aos meus **pais**, por sempre me terem apoiado e ajudado a prosseguir os estudos.

A **todos os meus professores** por me terem ajudado a desenvolver as minhas capacidades e transmitido conhecimentos que me tornaram apta a desenvolver este trabalho.

À **Prof. Dr. Nereida Cordeiro** pela orientação, amizade e confiança depositadas em mim para o desenvolvimento deste trabalho.

À **Doutora Gabriela Ventura Silva** pela orientação concedida neste trabalho.

Aos **onze infantários da Região Autónoma da Madeira** que fizeram parte deste estudo e sem os quais não seria possível realizar este projecto.

À empresa **IndAirControl** pela disponibilização dos aparelhos para realizar o projecto.

Aos **colegas de laboratório** pela ajuda na realização do projecto.

Aos meus **colegas de Licenciatura (1º Ciclo) e Mestrado (2º Ciclo)**, em particular à **Neide Freitas**, à **Joana Figueira** e à **Catarina Gouveia** pela amizade, convívio e partilha de conhecimentos ao longo destes anos, e ao **José Caboz** por me ter possibilitado desenvolver este projecto.

A todos os meus **amigos e conhecidos** que, directa ou indirectamente me apoiaram e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Presentemente as pessoas passam cerca de 90% da sua vida no interior de edifícios, onde a poluição atinge níveis superiores aos registados no exterior. Os infantários são espaços onde a qualidade do ar interior (QAI) deverá ser alvo de maior preocupação, visto ser o local onde as crianças passam uma fase importante do seu desenvolvimento físico-motor. São vários os poluentes que podem comprometer a saúde humana, de entre os quais se destacam os poluentes biológicos, os químicos, e os físico-químicos. O presente trabalho teve como objectivo analisar a QAI em onze infantários da Ilha da Madeira durante as quatro estações do ano. Para o estudo foi levado em consideração a dispersão geográfica e a envolvente rural e urbana. Complementarmente, foi efectuado um estudo aprofundado dos compostos orgânicos voláteis (COVs) em dois dos infantários, com o emprego de amostragem activa e passiva. Nos infantários em análise, verificou-se a existência de um sério problema de renovação do ar no interior das salas, reflectido nas elevadas concentrações de CO₂ e bactérias encontradas durante a monitorização dos espaços. As concentrações de fungos raramente excederam o valor máximo de referência (VMR), sendo o *Penicillium spp.* e o *Cladosporium sp.*, as espécies mais comuns encontradas. Contudo foram detectadas algumas espécies consideradas perigosas para a saúde humana, como o *Aspergillus niger* e o *A. versicolor*. Relativamente aos restantes parâmetros (CO, O₃, HCHO, NO₂, NO, SO₂, H₂S, PM₁₀, T e HR), na sua generalidade apresentaram concentrações inferiores aos respectivos VMR: excepção para o HCHO que em 40% das análises revelou valores acima do seu VMR, bem como a T e HR, que apresentaram valores fora das respectivas escalas de referência. Não foram encontradas diferenças significativas na QAI entre os onze infantários no que diz respeito à sua localização geográfica e envolvente. No entanto, em alguns parâmetros foram observadas variações sazonais. O estudo dos perfis de COVs revelou que o tipo de amostragem a empregar deve ter em consideração o objectivo da recolha: se for necessária a obtenção de dados como um *flash* instantâneo, a utilização da amostragem activa é aconselhada, se forem requeridos dados médios de um determinado período de tempo, o emprego da amostragem passiva será a melhor escolha.

Palavras-chave: qualidade do ar interior, infantários, contaminantes químicos, fungos, bactérias.

Abstract

Nowadays people spend about 90% of their life indoors, where pollution reaches higher levels than those registered outdoors. Kindergartens are places where indoor air quality (IAQ) should be the target of greater concern, for they are the spaces where children go through an important phase to their physical-motor development. There are several pollutants that may compromise human health, among which chemical, biological and physical-chemical pollutants stand out. This work had as aim the IAQ analyses in eleven kindergartens of Madeira Island, during the four seasons of the year. To accomplish the referred aim geographical dispersion and rural and urban surroundings were taken into consideration. In addition to this, a thorough study of volatile organic compounds (VOCs) was done in two of the chosen kindergartens, with the use of active and passive sampling. In the analyzed kindergartens, the existence of a serious problem of air renovation in inside rooms was verified, reflected in high concentrations of CO₂ and bacteria found during space monitoring. Fungal concentrations rarely exceeded maximum reference value (MRV), being *Penicillium spp.* and *Cladosporium sp.* the most common species found. However, the presence of some dangerous species to human health, like *Aspergillus niger* and *A. versicolor* was detected. As far as the remaining parameters (CO, O₃, HCHO, NO₂, NO, SO₂, H₂S, PM₁₀, T and RH) are concerned, in general they showed concentrations below the respective MRV: exception to HCHO which in 40% of the measurements revealed values above its MRV, as well as T and RH, which presented values out of their reference ranges. Bearing in mind their geographic and surrounding location no significant differences in IAQ among the eleven kindergartens were found. Nevertheless, seasonal variation was observed in some parameters. VOCs profile study revealed that the type of sampling to employ should be chosen taking into account the purpose of collection: if it is necessary to obtain data as a snapshot, the use of active sampling is advised, but if average data of a specific period of time is required, the employment of a passive sampling would be the best choice.

Keywords: indoor air quality, kindergartens, chemical contaminants, fungi, bacteria.

Lista de Abreviaturas

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BTS – British Tunneling Society
CO – Monóxido de Carbono
CO₂ – Dióxido de Carbono
COV – Composto Orgânico Volátil (I – Individual; T – Total)
COVs – Compostos Orgânicos Voláteis
DL – Decreto-lei
ECA – European Collaborative Action
EPA – Environmental Protection Agency
H₂S – Sulfureto de Hidrogénio
HC – Hidrocarbonetos
HCHO – Formaldeído
HR – Humidade Relativa
IAQ – Indoor Air Quality
l.o.d. – Limite de Detecção
MRV – Maximum Reference Value
NO – Monóxido de Azoto
NO₂ – Dióxido de Azoto
O₃ – Ozono
OMS – Organização Mundial de Saúde
OSHA – Occupational Safety and Health Administration
PM₁₀ – Matéria Particulada
QAI – Qualidade do Ar Interior
rdg – Reading
RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SO₂ – Dióxido de Enxofre
T – Temperatura
US EPA – United States Environmental Protection Agency
VOCs – Volatile Organic Compounds
VMR – Valor Máximo de Referência
WHO – World Health Organization

Índice

Parte A. *Introdução*

A.1. Qualidade do ar interior e Saúde	2
A.2 Parâmetros químicos	3
A.2.1 Contaminantes químicos gerais	3
A.2.2 Compostos Orgânicos Voláteis	11
A.3 Parâmetros Físico-Químicos	14
A.3.1 Temperatura e Humidade Relativa	14
A.3.2 Matéria Particulada.....	15
A.4 Parâmetros Microbiológicos.....	17
A.4.1 Bactérias	17
A.4.2 Fungos	19

Parte B. *Estudo da Qualidade do Ar Interior em Onze Infantários da Região Autónoma da Madeira*

B.1 Materiais e Métodos	25
B.1.1 Locais de recolha	25
B.1.2 Análises Químicas e Físico-Químicas	26
B.1.3 Análises Microbiológicas	27
B.2 Resultados e Discussão.....	28
B.2.1 Parâmetros Químicos.....	28
B.2.2 Parâmetros Físico-Químicos.....	36
B.2.3 Parâmetros Microbiológicos.....	43
B.3 Conclusões.....	52

Parte C. *Estudo de Compostos Orgânicos Voláteis em Dois Infantários da Região Autónoma da Madeira*

C.1 Materiais e Métodos	55
C.1.1 Locais de recolha	55

C.1.2 Análise dos Compostos Orgânicos Voláteis.....	56
C.2 Resultados e Discussão.....	58
C.2.1 Infantário do Norte	58
C.2.2 Infantário do Sul	62
C.3 Conclusões.....	67
Parte D. <i>Bibliografia</i>	68

Índice de Figuras

Figura A1. Relação entre a exposição a CO e os níveis de COHb no sangue (Raub, 1999).	5
Figura A2. Temperaturas de conforto térmico (Adaptado de ASHRAE 55-2004).	15
Figura A3. Formas e arranjos de algumas bactérias (não desenhados à escala) (Adaptado de Singleton, 1999)	18
Figura A4. Visualização microscópica de alguns fungos encontrados no ar interior.	21
Figura B1. Mapa da Ilha da Madeira, com a ilustração da localização dos infantários analisados.	26
Figura B2. Aplicação do método ASHRAE 55-2004 para o estudo do conforto térmico.	40
Figura B4. Valores de Humidade Relativa obtidos no interior (média de ambas as salas) dos onze infantários estudados, durante as quatro estações do ano.	41
Figura B4. Representação gráfica dos níveis de bactérias totais e das concentrações de CO ₂ detectadas no interior (médias de ambas as salas) dos infantários analisados.	47
Figura B5. Representação gráfica da humidade relativa e das concentrações de fungos totais detectadas no interior (média de ambas as salas) dos infantários.	50
Figura B6. Representação gráfica da humidade relativa e das quantidades de fungos totais detectadas no exterior dos infantários.	50
Figura B7. Frequência relativa das espécies de fungos identificadas nos infantários 1 a 5.	51
Figura B9. Frequência relativa das espécies de fungos identificadas nos infantários 6 a 11.	51
Figura C1. Valores de COVT obtidos em todas as recolhas efectuadas no infantário do Norte.	59
Figura C2. Famílias de compostos encontradas no infantário do Norte durante as três recolhas com ambos os métodos de amostragem.	60
Figura C3. Gráfico de Correlação entre tipos de amostragens no infantário do Norte. O valor de correlação é 0,5300.	62
Figura C4. Valores de COVT obtidos em todas as recolhas efectuadas no infantário do sul.	63
Figura C5. Famílias de compostos encontradas no interior do infantário do sul.	64
Figura C6. Gráfico de Correlação entre tipos de amostragens no infantário do sul. O valor de correlação é 0,661.	66
Figura C7. Famílias de compostos encontradas no interior do infantário do sul, com a amostragem passiva diurna.	67

Índice de Tabelas

Tabela A1. Efeitos agudos provocados na saúde devido à exposição ao formaldeído (Jones, 1999).	11
Tabela A2. Concentrações ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos COV mais comuns no ar interior (Jones, 1999).	12
Tabela A3. Efeitos na saúde humana provocados por alguns fungos (Doctor Fungus, 2010)	22
Tabela A4. Critérios referidos na Nota Técnica (NT-SCE-02) para análise fúngica.	23
Tabela B1. Especificações gerais dos sensores utilizados (IQ-610 e IQ-410) (GrayWolf Sensing Solutions).	26
Tabela B2. Concentração de CO_2 (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I – interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	29
Tabela B3. Concentração de CO (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I – interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	30
Tabela B4. Concentração de O_3 (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	32
Tabela B5. Concentração de HCHO (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano. nd – análise não desenvolvida	34
Tabela B6. Concentração de NO_2 (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	35
Tabela B7. Concentração de H_2S (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	37
Tabela B8. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	38
Tabela B9. Humidade Relativa (%) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	42
Tabela B10. Concentração de PM_{10} (mg/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	44
Tabela B11. Concentração de bactérias totais (UFC/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	45
Tabela B12. Concentração de bactérias Gram (–) e Gram (+) (UFC/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	46
Tabela B13. Concentração de fungos totais (UFC/m^3) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.	49

Tabela C1. Dados de Temperatura e Humidade Relativa verificados em ambos os infantários, durante as amostragens.	56
Tabela C2. Valores de Taxas de Absorção encontradas para os compostos individuais e para o valor médio.	58
Tabela C3. Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtidas em cada análise realizada no interior do infantário do Norte. (A – Amostragem Activa; P – Amostragem Passiva; nd – Compostos não detectados; HC – Hidrocarbonetos).	61
Tabela C4. Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtidas em cada análise realizada no interior do infantário do Sul. (A – Amostragem Activa; P – Amostragem Passiva; PD – Amostragem Passiva Diurna; nd – Compostos não detectados; HC – Hidrocarbonetos).	65

Parte A

Introdução

Introdução

A.1 Qualidade do ar interior e Saúde

Actualmente, os adultos passam cerca de 90% do seu tempo dentro de edifícios (EPA, 2010), onde a poluição pode atingir níveis superiores aos do exterior (Ayoko, 2004). O conhecimento destes factos fez com que a importância dada à Qualidade do Ar Interior (QAI) tenha aumentado. No entanto, o estudo da QAI não se pode alienar do estudo da qualidade do ar exterior visto ser uma das fontes da poluição do interior (Etzetel, 2007).

Hoje em dia ambos os pais trabalham, sendo, deste modo, forçados a colocar as crianças em escolas, desde tenra idade. O estudo da QAI nos infantários tem especial relevância, visto as crianças serem mais susceptíveis aos poluentes do que os adultos, por várias razões: as crianças têm um maior consumo relativo de oxigénio do que os adultos; as suas vias respiratórias aéreas são estreitas, o que pode tornar a irritação provocada pelos poluentes num sério problema de obstrução das mesmas; devido ao seu tamanho, as crianças respiram mais perto do chão, acabando por inalar poluentes mais pesados do que o ar; os pulmões das crianças estão em constante desenvolvimento desde o seu nascimento, tornando-se vital a boa QAI para o seu bom desenvolvimento (Kulkarni e Grigg, 2008; Etzetel, 2007).

Os contaminantes do ar podem afectar negativamente a saúde humana se ocorrer exposição prolongada com o organismo, quer por inalação, ingestão ou contacto com a pele. Estes contaminantes podem ser gases ou matéria particulada, com forma e tamanho variado. São vários os factores que influenciam a capacidade de uma partícula para permanecer aérea, tais como a gravidade, as correntes de ar (dominadas pelo tipo de ventilação), bem como as próprias características da partícula (Chang e Gershwin, 2004). Os contaminantes do ar afectam a saúde humana de várias formas, podendo provocar efeitos tóxicos e/ou irritantes, doenças infecciosas, distúrbios alérgicos ou até efeitos psicológicos (Chang e Gershwin, 2004). Os efeitos tóxicos e/ou irritantes têm sido descritos como o resultado da presença de produtos gasosos como o CO₂, CO, SO₂, NO₂, HCHO, O₃, ou mesmo partículas como amianto. Relativamente aos produtos gasosos, há um grupo muito extenso de compostos, denominados compostos orgânicos voláteis (COVs), que podem ser libertados de produtos de limpeza, equipamentos electrónicos, tintas e colas, materiais de construção, material impresso e dispositivos de aquecimento. Para além dos problemas inerentes à sua toxicidade, estes compostos podem ser a origem de diversos efeitos irritantes (Chang e Gershwin, 2004). Quanto aos distúrbios alérgicos, estes podem ser provocadas por produtos de animais e insectos ou por esporos de fungos, podendo ainda ser causadas por proteínas ou glicoproteínas. Os distúrbios psicológicos podem surgir devido à

ansiedade provocada pelos efeitos na saúde, reais ou imaginários, da exposição aos contaminantes atmosféricos (Chang e Gershwin, 2004).

Dada a importância que a QAI tem sobre a saúde humana, a legislação Portuguesa estabeleceu recentemente os valores máximos de referência para alguns contaminantes do ar interior (químicos, físico-químicos e biológicos), descrevendo-os no RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (DL 79/2006 de 4 de Abril). A Nota Técnica (NT-SCE-02, 2009) estabelecida pelo SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (DL 78/2006 de 4 de Abril), refere a metodologia para análises QAI.

A.2 Parâmetros químicos

São seis os contaminantes químicos abrangidos pela legislação portuguesa (DL 79/2006) que regula a Qualidade do Ar Interior: Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O₃), Formaldeído (HCHO), Compostos orgânicos voláteis totais (COVT) e Radão.

Dada a sua importância na saúde das crianças em tenra idade, neste trabalho, foram igualmente estudados outros contaminantes químicos como o Dióxido de Azoto (NO₂), Monóxido de Azoto (NO), Dióxido de Enxofre (SO₂) e o Sulfureto de Hidrogénio (H₂S).

Seguidamente será feita uma descrição dos poluentes que serão objecto de estudo neste trabalho.

A.2.1 Contaminantes químicos gerais

O **dióxido de carbono** (CO₂) é um gás incolor e inodoro, gerado pelo metabolismo humano (cada ser humano exala cerca de 0,3 L/min de CO₂, durante a execução de tarefas leves), sendo esta a principal fonte de CO₂ no interior dos espaços, contudo, pode ser igualmente originado pela queima de combustíveis fósseis (Jones, 1999; Agência Portuguesa do Ambiente, 2010; Office of Environmental Health and Safety, 2003).

No organismo, a respiração celular é, em parte, responsável pela produção de CO₂. Uma vez que o Ciclo de Krebs é o destino final e comum do catabolismo de aminoácidos e ácidos gordos, estes compostos são igualmente fontes de CO₂ por esta via; para além deste ciclo, o CO₂ pode ser originado pelas descarboxilações ocorridas durante o metabolismo das várias biomoléculas precedentes à formação do ácido pirúvico. Contudo, nem todo o CO₂ formado é libertado pela respiração, uma vez que uma parte é necessária para reacções de carboxilação, como a que ocorre na síntese de nucleótidos púricos e na degradação da leucina (Campos, 2005). O CO₂ transportado dos tecidos para os pulmões pode estar ligado à hemoglobina com uma

ligação facilmente reversível, originando a carbamino-hemoglobina, ou então dissolvido no plasma (a maior parte do CO₂ é transportado nesta forma) (Junqueira e Carneiro, 2004).

Outra fonte de CO₂ é a queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e seus produtos (gás natural, gasolina, querosene, etc), que, pela sua constituição em hidrocarbonetos, quando sofrem combustão completa, originam CO₂ e H₂O (Chang, 2005). Assim, no ambiente interior para além dos ocupantes, qualquer processo de combustão é uma fonte de CO₂: esquentadores, fogões a gás, lareiras, velas, cigarros, etc...

O ambiente exterior também pode contribuir para o aumento dos níveis de CO₂ no interior se existirem fontes significativas, como estradas com muito trânsito ou garagens anexadas ao edifício. Normalmente os valores de concentração de CO₂ no ambiente exterior rondam os 640-730 mg/m³ (Minnesota Department of Health, 2010), enquanto no interior varia entre 730 e 3600 mg/m³, podendo mesmo exceder os 5500 mg/m³, verificando-se um rácio interior:exterior de cerca de 1:3 (Arashidani *et al.*, 1996; Jones, 1999).

Brennan *et al.* (1991) (Daisey, *et al.*, 2003) analisou os níveis de CO₂ no interior de nove escolas, sem queixas acerca da QAI, nos EUA; verificou que as concentrações variavam entre 732 mg/m³ e 9150 mg/m³, com uma média de 2708 mg/m³, sendo que 74% das concentrações excederam o VMR aplicável (1800 mg/m³). Outro estudo realizado em três escolas do Canadá, igualmente sem queixas, revelou concentrações médias inferiores ao VMR (1800 mg/m³), apesar de algumas medições terem ultrapassado este valor (Cousins e Collet, 1989; Daisey *et al.*, 2003). Na Europa, as concentrações encontradas em estudos efectuados a uma maioria de escolas sem queixas relativamente à QAI estavam acima ou bastante próximas do VMR (1800 mg/m³): Norback (1995) (Daisey *et al.*, 2003) verificou que em duas escolas na Suécia a quantidade de CO₂ variava entre 2600 mg/m³ e 3385 mg/m³. Outro estudo desenvolvido em dez escolas, sem queixas, do mesmo país, revelou que as concentrações de CO₂ variavam entre 1464 mg/m³ e 2928 mg/m³; nas escolas que apresentaram sintomas relacionados com problemas de QAI (onze), as quantidades variaram entre 1601 mg/m³ e 3934 mg/m³ (Willers *et al.* 1996; Daisey *et al.*, 2003). Em Portugal, Madureira *et al.* (2009) verificou que as concentrações de CO₂ no interior de um edifício eram cerca de 2,8 vezes superiores às detectadas no exterior. Um outro trabalho realizado por Samúdio *et al.* (2006) reportou a influência das estações do ano na quantidade de CO₂ interior: no Inverno, as concentrações eram superiores ao VMR, descendo para níveis próximo ao VMR na Primavera e para níveis inferiores ao seu VMR no Verão.

O conhecimento dos níveis de CO₂ é um bom indicador do desempenho dos sistemas de ventilação (Nota Técnica, 2009), bem como da sobrelotação do espaço em análise. Níveis moderados de CO₂ podem ser os responsáveis por dores de cabeça, cansaço e falta de ar (Jones, 1999; Office of Environmental Health and Safety, 2003). Para serem visíveis efeitos na saúde

significativos é necessário ocorrer a exposição a níveis extremamente elevados de CO₂: a respiração pode ser ligeiramente afectada com a exposição a níveis de CO₂ superiores a 27400 mg/m³ e exposições a níveis superiores a 55000 mg/m³ podem levar a dores de cabeça, tonturas e náuseas, afectando igualmente a percepção do movimento (Schwarzberg, 1993; Yang *et al.*, 1997; Jones, 1999). De acordo com a legislação Portuguesa em vigor (DL 79/2006 de 4 de Abril) o valor máximo aceite de exposição a este gás no interior dos edifícios é 1800 mg/m³ de ar.

O **monóxido de carbono** (CO) é um gás incolor, inodoro, insípido e não irritante, proveniente da combustão incompleta de produtos contendo carbono (combustíveis fósseis), em motores de veículos e sistemas de aquecimento (Bernstein *et al.*, 2008; Raub, 1999; Roth *et al.*, 2009; Yang e Omaye, 2009). É igualmente produzido nos organismos vivos pela degradação natural de hemoproteínas (hemoglobina, mioglobina, citocromos), pelo que a concentração normal de carboxihemoglobina (COHb) no sangue de um indivíduo não fumador é de 0,5% (Raub, 1999; Yang e Omaye, 2009; Jones, 1999). Pode ainda ter origem no metabolismo xenobionte (sendo um subproduto), especialmente na quebra de solventes orgânicos inalados contendo halometanos (Raub, 1999).

Uma vez inalado, o CO é rapidamente absorvido pelos pulmões para a corrente sanguínea e forma um complexo com a hemoglobina, conhecido como carboxihemoglobina (COHb). A existência deste complexo nos glóbulos vermelhos dificulta o transporte de oxigénio pelo organismo (por deslocamento do O₂ na ligação ao grupo heme), pelo que se verifica um estado de hipoxia (Raub, 1999). A quantidade de COHb formada depende da concentração e duração da exposição, do tipo de actividade física em execução (que aumenta ou diminui a quantidade de ar inalado e exalado por unidade de tempo), da pressão ambiental, do estado de saúde e do metabolismo específico do indivíduo exposto (Fig. A1) (Raub, 1999; Bernstein *et al.*, 2008).

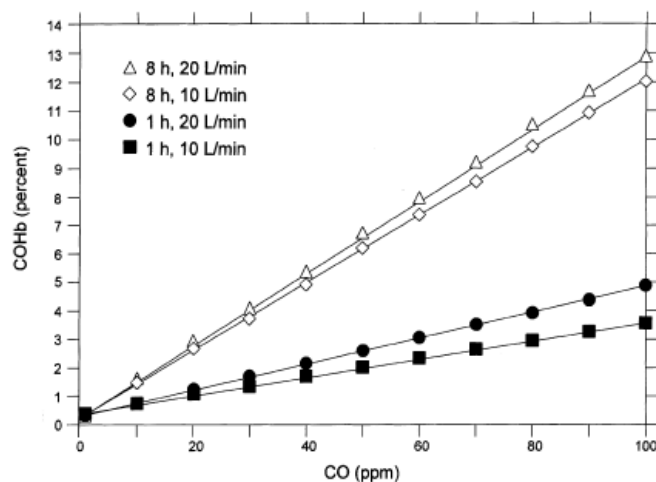


Figura A1. Relação entre a exposição a CO e os níveis de COHb no sangue. Os níveis previstos de COHb resultam de 1 e 8 horas de exposição a CO em descanso (ventilação alveolar de 10L/min) e com exercício leve (20L/min) (Raub, 1999).

Um indivíduo exposto a níveis elevados de CO pode apresentar sintomas como dores de cabeça, vômitos, perda de consciência, e, nos casos mais graves, pode mesmo levar à morte (caso metade das moléculas de hemoglobina presentes no sangue estejam complexadas com esta molécula) (Bernstein *et al.*, 2008; Chang, 2005; Roth *et al.*, 2009).

Ar contendo 1/500 partes de CO provoca inconsciência, enquanto 1/100 partes provoca morte em poucos minutos. A toxicidade aguda por CO produz danos neurológicos e miocárdicos: cerca de 10% dos indivíduos que recuperaram da exposição têm um atraso na recuperação neurológica, outros podem apresentar necrose do tecido muscular ou mesmo enfarte do miocárdio. A exposição contínua a níveis de 35mg/m^3 está ligada ao comprometimento das capacidades psicomotoras e alterações cardiovasculares adversas (Yang e Omaye, 2009).

Em edifícios sem sistemas de combustão, a concentração de CO geralmente varia entre 2,3 e $4,7\text{mg/m}^3$, enquanto em locais interiores que utilizem aparelhos de combustão, os níveis podem subir até $6,9\text{mg/m}^3$, contudo raramente excedendo os $13,8\text{mg/m}^3$ (Akland *et al.*, 1985; Samet *et al.*, 1987; Jones, 1999). Estudos realizados por Chaloulakou e Mavroidis (2002) numa escola pública de Atenas, Grécia, indicaram uma variação sazonal dos rácios de concentração de CO entre o interior e o exterior do edifício, sendo os valores encontrados no interior geralmente inferiores aos detectados no exterior. Em Portugal, Samúdio *et al.*, (2006) verificou que os níveis de CO interiores na escola analisada estavam abaixo do seu VMR.

O valor de exposição máximo admitido, de acordo com a legislação Portuguesa em vigor, é de $12,50\text{mg/m}^3$ (DL 79/2006 de 4 de Abril).

O **ozono** (O_3) é uma forma alotrópica do oxigénio, apresentando consequentemente características diferentes. Descargas eléctricas na atmosfera (como trovoadas) provocam a alteração de O_2 em O_3 , que tem um odor distinto (de doce a fortemente irritante). Sendo o O_3 mais pesado que o O_2 , tende a se acumular à volta de aparelhos de alta voltagem. Esta molécula é mais reactiva e menos estável do que o O_2 , pelo que se decompõem mais rapidamente à temperatura ambiente, quando comparado com a outra forma do oxigénio molecular (Yang e Omaye, 2009).

Assim, o O_3 é bastante instável e a sua concentração varia com a latitude e a altitude. Quando está presente em excesso, é um gás bastante perigoso para a saúde, podendo ser a origem de dores no peito, tosse e irritação na garganta (Bromberg e Koren, 1995); é igualmente um agente potenciador de episódios de asma (Bromberg e Koren, 1995), bem como apresenta a capacidade de comprometer a capacidade do organismo para combater infecções respiratórias (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

A capacidade do O₃ para oxidar componentes celulares, como lípidos insaturados e polinsaturados e grupos tiol de proteínas, é o aspecto chave da toxicidade desta molécula, ocorrendo directa ou indirectamente através de reacções mediadas por radicais livres (Yang et Omaye, 2009). O aumento da sensibilidade das vias respiratórias, devido aos efeitos do O₃, pode promover um aumento da resposta a outros poluentes como o ácido sulfúrico, que provoca broncoconstrição. (Yang e Omaye, 2009). Em indivíduos com alergias, o O₃ actua como um adjuvante, aumentando a resposta alérgica ao alergeno inalado (Bernstein *et al.*, 2008).

Trabalhos efectuados por Yang e Omaye (2009) mostram que em exposições controladas a 0,24 mg/m³ de O₃ durante 2h, adultos em exercício sentiram falta de ar, dor ao respirar e tosse; exposições mais prolongadas (6,6h) a 0,16 mg/m³ e 0,24 mg/m³ produziram um aumento significativo de sintomas respiratórios, particularmente em adultos jovens com taxas elevadas de ventilação (Yang e Omaye, 2009). Breysse (2005) encontrou níveis de O₃ de cerca de 0,007 mg/m³ nos seus estudos efectuados em habitações (quartos de dormir) de crianças asmáticas em Baltimore, EUA.

Apesar do ar exterior ser a principal fonte do O₃ no interior, este gás pode ser gerado por fotocopiadores, impressoras a laser e purificadores de ar electrostáticos (num processo idêntico ao que ocorre com as descargas eléctricas atmosféricas) (Yang e Omaye, 2009).

O limite máximo permitido de exposição humana na legislação Portuguesa a O₃ é de 0,2 mg/m³ (DL 79/2006 de 4 de Abril).

O **dióxido de azoto** (NO₂) é um gás amarelo acastanhado, altamente tóxico, apresentando um cheiro sufocante (Yang e Omaye, 2009). Esta molécula é considerada um poluente secundário por ser produzida por reacções fotoquímicas que ocorrem em poluentes primários (NO, CO e hidrocarbonetos não queimados) provenientes dos escapes dos automóveis; verifica-se diariamente dois picos de concentração deste poluente, relacionados com o tráfico dos veículos a motor, de manhã e ao fim do dia. (WHO, 2006; Shima e Adachi, 2000; Yang e Omaye, 2009).

Estudos efectuados por Lambert *et al.*, (1993) (Jones, 1999) demonstraram que habitações que utilizavam gás para cozinhar apresentavam um valor médio (2 semanas) de NO₂ nos quartos de 0,040 mg/m³ e na cozinha de 0,065 mg/m³, enquanto que as habitações que utilizavam electricidade para cozinhar tinham um valor médio nos quartos de 0,013 mg/m³. Na análise de Breysse (2005) foram detectados 0,084 mg/m³ em quartos de dormir de crianças asmáticas.

Quando o NO₂ é depositado nos pulmões, pode se dissolver nos fluidos pulmonares, produzindo os ácidos nítrico e nitroso. Adicionalmente, as reacções primárias do NO₂ podem ser

com os componentes oxidáveis dos tecidos, como lípidos e proteínas, resultando no ião nitrito (Yang e Omaye, 2009). A exposição ao NO₂ do ar interior pode aumentar as reacções asmáticas aos alérgenos inalados (Bernsteins *et al.*, 2008). Estudos anteriores evidenciaram que uma exposição aguda a 960 mg/m³ ou superior resulta em edema pulmonar agudo e exposições menos severas (290-420 mg/m³) provocam bronquiolite obliterante fibrosa, que pode ser fatal em 3-5 semanas. Concentrações não letais produzem pneumonias focais (Yang e Omaye, 2009). Outros estudos (Shima e Adachi, 2000) demonstraram que uma curta exposição a níveis de cerca de 0,56 mg/m³ de NO₂ é responsável por efeitos directos na função pulmonar em doentes asmáticos; contudo, já se verificou que curtas exposições de doentes asmáticos a níveis superiores a 0,20 mg/m³ aumenta a resposta dos brônquios (WHO, 2006). Foram expressas preocupações sobre o efeito crónico do NO₂ uma vez que exposições a 57 mg/m³ durante 30 dias produziram enfisema em animais de laboratório (Yang e Omaye, 2009).

Por estes motivos, apesar deste gás não estar contemplado na legislação portuguesa, a Organização Mundial de Saúde recomenda uma exposição máxima anual média de 0,040 mg/m³, sendo 0,200 mg/m³ o valor máximo recomendado para uma hora de exposição a NO₂ (WHO, 2006). Em edifícios sem aparelhos de combustão, o interior normalmente apresenta valores de cerca de metade do exterior, sendo 0,101 mg/m³ o valor médio máximo recomendado para uma exposição de 24 horas no exterior (EPA, 2010).

O **monóxido de azoto** (NO) é um gás incolor e inodoro. É considerado um poluente primário, proveniente da queima de combustíveis fósseis contendo compostos de azoto e da reacção entre o azoto atmosférico e o oxigénio (a altas temperaturas) no interior dos motores dos automóveis (BTS, 2008; Yang e Omaye, 2009).

A inalação de NO atmosférico pode influenciar a produção de NO endógeno, com uma diminuição de produção aquando de um aumento moderado de quantidade inalada. Um aumento repentino de NO inalado pode, no entanto, provocar um aumento dos níveis nos tecidos com efeitos adversos na respiração celular e danos oxidativos nos tecidos; uma redução súbita de níveis elevados de NO inalado pode provocar um défice dos níveis nos tecidos, levando a hipertensão pulmonar e a uma oxigenação reduzida do sangue em circulação. Indivíduos expostos recorrentemente a valores de NO inferiores a 0,125 mg/m³ (como os que trabalham em túneis) apresentam um risco de mortalidade superior, contudo os efeitos são difíceis de separar dos provocados por outros poluentes. Sabe-se igualmente que a exposição de curta duração de crianças a NO com valores de 0,624-1,250 mg/m³ está associado à exacerbação dos episódios de asma, o que pode ser consistente com o aumento da inflamação das vias respiratórias (BTS, 2008).

Apesar de não haver um valor máximo estabelecido pela legislação portuguesa, a OSHA recomenda um valor médio máximo de $31,2 \text{ mg/m}^3$ para uma exposição de 8 horas por dia, 40 horas por semana. Contudo, considerou-se neste trabalho o valor mínimo de $0,624 \text{ mg/m}^3$, cujos efeitos adversos foram encontrados em crianças (BTS, 2008).

O **dióxido de enxofre** (SO_2) é um gás pesado incolor e bastante sufocante (Yang e Omaye, 2009). Este gás é um produto primário da queima de impurezas de enxofre em combustíveis fósseis (Bernstein *et al.*, 2008; Jones, 1999).

Os níveis encontrados no interior são geralmente inferiores aos detectados no exterior, variando o rácio interior/externo em edifícios sem fontes no interior entre 0,1 e 0,6 (Jones, 1999). Como resultado da diminuição das emissões gasosas, a maior parte das cidades da Europa e dos EUA apresentam concentrações de CO_2 abaixo de $0,052 \text{ mg/m}^3$, contudo em habitações com aquecedores a querosene e fogões a gás a quantidade de SO_2 pode atingir valores de $0,150 \text{ mg/m}^3$ (Jones, 1999; Leaderer *et al.*, 1984).

O SO_2 é predominantemente irritante para as vias respiratórias aéreas, produzindo broncoconstrição e muco, reflectindo-se num aumento da resistência do fluxo de ar (Yang e Omaye, 2009). Indivíduos sujeitos a SO_2 em quantidades entre 2,7 e 35 mg/m^3 durante 10min apresentam imediatamente uma resposta broncoconstritiva (Yang e Omaye, 2009). Estudos efectuados demonstraram que a toda a zona de passagem respiratória apresentam alterações funcionais após a exposição ao SO_2 (Altshuller, 1987). A resposta mais notável é a tosse. Uma exposição entre 32 e 40 mg/m^3 resulta na irritação da mucosa nasal, sendo estas concentrações cerca de 500 vezes a responsável por irritação dos olhos (Yang e Omaye, 2009). A inalação de SO_2 pode levar a danos pulmonares devido a mecanismos radicalares, particularmente em situações de pH ácido (Yang e Omaye, 2009). Estudos recentes demonstraram que a exposição a níveis de SO_2 de cerca de $0,5 \text{ mg/m}^3$ não provocaram alterações significativas na espirometria ou sintomas em indivíduos saudáveis ou mesmo em asmáticos (Bernstein *et al.*, 2008). Contudo, asmáticos e outros indivíduos que apresentam uma via respiratória hiper-reactiva são mais sensíveis a exposições agudas de SO_2 numa ordem de grandeza menor do que aquelas que afectam pessoas saudáveis (Yang e Omaye, 2009).

Vários estudos demonstraram que a exposição de curta duração (10 minutos) a SO_2 com valores superiores a $0,500 \text{ mg/m}^3$ alteram a função pulmonar e são verificados sintomas respiratórios em indivíduos asmáticos, sendo este o valor máximo de referência para exposição ao SO_2 utilizado no presente estudo (WHO, 2006).

O **sulfureto de hidrogénio** (H_2S) é um gás incolor com um odor a ovos podres, altamente tóxico, que ataca as enzimas respiratórias (Inserra *et al.*, 2004). Este composto é o principal produto perigoso da produção de gás, sendo também encontrado nos esgotos, operações de manuseamento de estrume, fabrico de papel, coberturas de asfalto, processamento de peles e em todos os espaços confinados em que materiais orgânicos (carne, peixe) se tenham deteriorado pela acção de bactérias reductoras de sulfitos (Lambert *et al.*, 2006; Guidotti, 1996; Christia-Lotter *et al.*, 2007).

O odor característico do H_2S é perceptível com uma exposição a $0,15 \text{ mg/m}^3$, contudo, este é atenuado e torna-se enjoativo com o aumento da concentração: acima de 140 mg/m^3 ocorre saturação do olfacto e é impossível detectar a sua presença (Christia-Lotter *et al.*, 2007).

Num estudo realizado por Guidotti (1996) estão apresentados alguns efeitos na saúde humana resultantes da exposição a várias concentrações de H_2S : $1,4 \text{ mg/m}^3$ é o valor mínimo em que um indivíduo pode começar a sentir efeitos adversos resultantes da exposição, como náuseas, lacrimejo dos olhos e dores de cabeça; a partir de $28,3 \text{ mg/m}^3$ é possível sentir irritação dos olhos e pulmões, sendo que com 140 mg/m^3 ocorre paralisia olfactiva, desaparecendo a capacidade de sentir odores; com 354 mg/m^3 pode ocorrer edema pulmonar com exposições prolongadas e com 708 mg/m^3 verificam-se sérios danos oculares com uma exposição de 30 minutos, bem como perda de consciência e morte em 4-8 horas; com 1400 mg/m^3 a respiração pode parar com uma ou duas respirações, verificando-se colapso imediato.

Deste modo, neste trabalho foi considerado o valor $1,4 \text{ mg/m}^3$ como o máximo aconselhado para exposição a H_2S (Guidotti, 1996).

O **formaldeído** (HCHO) é o aldeído mais comum encontrado no ambiente. À temperatura ambiente, este é um gás incolor, com um odor pungente. As fontes primárias são materiais de construção, contraplacados, resinas, adesivos e alcatifas, bem como espumas de isolamento de ureia-formaldeído para encher cavidades em paredes (Jones, 1999; Wolkoff e Nielsen, 2010). A decomposição lenta de resinas e espumas liberta formaldeído, especialmente em condições ácidas e húmidas, pelo que, no interior dos edifícios, a concentração de formaldeído varia com as condições de temperatura e humidade, excedendo muitas vezes a quantidade detectada no exterior, sendo esta última geralmente abaixo de $0,025 \text{ mg/m}^3$. Vários estudos na Dinamarca, Alemanha, Finlândia e EUA verificaram que a concentração média de formaldeído no interior de edifícios variava entre $0,08$ e $2,28 \text{ mg/m}^3$ (Jones, 1999; Wang *et al.*, 2007; Anderson *et al.*, 1975; Prescher e Jander, 1987; Niemala *et al.*, 1985; Breyse, 1984). Foram analisadas dez escolas em Milão, Itália e em Paris, França, por Cavallo *et al.* (1993) e Laurent *et al.* (1993), respectivamente, revelando uma concentração de HCHO média de $0,06$

mg/m³ (Daisey *et al.* 2003). Em Portugal, Samúdio *et al.* (2006) verificou que as concentrações de HCHO encontravam-se abaixo do VMR nos espaços analisados, tendo detectado 0,014 mg/m³ de HCHO no interior da escola analisada durante o Inverno e 0,028 mg/m³ durante o Verão.

Os efeitos adversos provocados pelo formaldeído podem ser originados por inalação ou contacto directo (Tabela A1): a exposição a concentrações inferiores a 1,2 mg/m³ pode resultar em espirros, tosse e irritação dos olhos, embora estes sintomas desaparecem rapidamente após o início da exposição; alguns estudos demonstraram que o vapor de formaldeído é igualmente irritante para a pele e para o tracto respiratório (Jones, 1999).

Tabela A1. Efeitos agudos provocados na saúde devido à exposição ao formaldeído (Jones, 1999).

Concentração de formaldeído (mg/m ³)	Efeitos na saúde observados
< 0,062	Nada reportado
0,062 – 1,249	Limite odorífico
0,062 – 1,873	Efeitos neurofisiológicos
0,012 – 2,497	Irritação dos olhos
0,125 – 31,216	Irritação das vias aéreas superiores
6,243 – 37,459	Irritação das vias aéreas inferiores e efeitos pulmonares
62,432 – 124,865	Edema pulmonar, inflamação, pneumonia
> 124,865	Coma, morte.

Apesar de estudos já terem referido que a exposição a níveis de HCHO inferiores a directrizes actuais pode levar a um aumento da sensibilização das crianças a alérgenos do ar comuns (Garrett *et al.*, 1999; Daisey *et al.*, 2003), a legislação Portuguesa (DL 79/2006 de 4 de Abril) estipulou o valor 0,100 mg/m³ como concentração máxima de referência no interior dos edifícios.

A.2.2 Compostos Orgânicos Voláteis

A utilização de **Compostos Orgânicos Voláteis** (COVs) como um indicador da QAI está a ganhar importância, uma vez que há um aumento da utilização de produtos e materiais, como produtos de consumo e comerciais, tintas e materiais associados, adesivos, produtos de vestuário, mobiliário e de construção, combustão de materiais e equipamentos, que emitem este tipo de poluentes, em larga escala (ECA, 1997; Guo *et al.*, 2004). Estes poluentes são compostos orgânicos com ponto de ebulição entre 50-100°C e 240-260°C (The Handbook of Environmental Chemistry, 2004). Os COVs mais comuns são hidrocarbonetos (aromáticos e alifáticos) – que estão envolvidos nos processos físico-químicos da troposfera (Kalabokas *et al.*, 2001), como a formação do nevoeiro (“smog”) fotoquímico e produção de O₃ ao nível do chão (Kumar e Vیدن,

2007) – alcenos, álcoois, cetonas, ésteres, glicóis, glicoléteres, halocarbonetos, cicloalcanos e terpenos (ECA, 1997).

A concentração de COVs no ar depende da fonte, da temperatura ambiente, velocidade do vento/ar e localização (interior ou exterior) (Woolfenden, 2010). A maior parte dos COVs são detectados em concentrações bastante inferiores ao seu limite odorífico, contudo muitas vezes excedem as quantidades detectadas no exterior até 5 vezes (Wallace, 1991a). Um estudo efectuado a 29 COVs em edifícios na Dinamarca verificou que a maior parte (alquilbenzenos) apresentava concentrações entre 0,03 e 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mølhav, 1979); outro estudo demonstrou que a maior parte dos 66 COV analisados variavam entre 0,4 e 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Shah e Singh, 1988); ainda um terceiro estudo demonstrou que a maior parte dos COV analisados apresentavam concentrações abaixo de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Brown *et al.*, 1994; Jones, 1999). Os COVs foram igualmente estudados por Sufuoglu *et al.* (2010) em três escolas primárias em Izmir, Turquia; todas tinham um infantário. O benzeno, o tolueno e o formaldeído foram os compostos mais abundantes, com um percentil 95 de concentrações no interior de 29, 87 e 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. O naftaleno e os xilenos seguiram-se com uma ordem de magnitude de concentrações inferior. A Tabela A2 expõe as concentrações médias dos COV mais comuns encontrados em edifícios.

Tabela A2. Concentrações ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos COV mais comuns no ar interior. (Jones, 1999).

Poluente (COV)	Concentração
Benzeno	10
Tolueno	80
<i>n</i> -Decano	20
Limoneno	30
<i>o</i> -Xileno	10
1,1,1-Tricloroetano	10
1,2,4-Trimetilbenzeno	10
<i>m</i> - e <i>p</i> -Xileno	20
Undecano	10
1,3,5-Trimetilbenzeno	5

A exposição a este tipo de poluentes pode levar a efeitos na saúde agudos e crónicos, como efeitos respiratórios, toxicidade neurológica, irritação dos olhos e garganta e cancro do pulmão (Guo *et al.*, 2004); foi estimado que 70-75% do risco de cancro é devido à exposição a matéria particulada policíclica, 1,3-butadieno, formaldeído e benzeno (Guo *et al.*, 2004). Enquanto que a inalação de materiais orgânicos particulados é capaz de promover 50 mortes por 100.000 indivíduos, a inalação de alcenos e butadieno, cada, pode provocar 20 mortes em

100.000 indivíduos; com a inalação de benzeno e formaldeído é esperado um aumento do risco (Guo *et al.*, 2004). Foi verificado que uma exposição a 10 ppb de eteno (um nível comum em áreas urbanas) pode levar a um risco de morte por cancro de aproximadamente 70 em 100.000 indivíduos (Törnqvist, 1994).

A legislação Portuguesa, através do DL 79/2006, estabelece um máximo de 0,60 mg/m³ de COVs totais no ar interior de um edifício. A nível de COVs individuais, Seifert (1990) apresentou os níveis de exposição máximos aconselhados para alguns COVs: alcanos (0,100 mg/m³), hidrocarbonetos aromáticos (0,050 mg/m³), terpenos (0,030 mg/m³), hidrocarbonetos halogenados (0,030 mg/m³), ésteres (0,020 mg/m³), aldeídos (0,020 mg/m³) e outros (0,050 mg/m³).

Há muitos métodos de amostragem de COVs cuja escolha depende da natureza físico-química destes compostos e das suas concentrações esperadas no ar (Kumar e Víden, 2007). Pode ser realizada uma amostragem “whole air”, em *canisters* por exemplo, ou uma pré-concentração num tubo sorvente (Kumar e Víden, 2007). Neste último método, a escolha do adsorvente depende da escala específica dos COVs a serem analisados e da matriz de amostragem. Deve evitar problemas de *breakthrough* (passagem de analitos pelo adsorvente sem ficarem retidos), resultados irreprodutíveis, bem como contaminação (Kumar e Víden, 2007).

As fontes de COVs podem estar relacionadas com os materiais do edifício e mobiliário, actividades humanas (limpezas, pinturas, colagens) e qualidade do ar exterior (ECA, 1994). Assim, as emissões de COVs podem ser distinguidas em constantes, periódicas e episódicas: por exemplo, os materiais dos edifícios são fontes emissoras de COVs relativamente constantes no tempo, enquanto as fontes relacionadas com actividades são quase sempre episódicas (ECA, 1994). Esta distinção é um factor importante de selecção do tipo de amostragem: pode ser realizada de uma forma activa (bombeamento) ou passiva (difusão). A amostragem activa permite o controlo da taxa e do tempo de amostragem (Kumar e Víden, 2007), quando são necessárias médias de curto prazo (ECA, 1994), enquanto a amostragem passiva é uma técnica simples, baseada no fluxo livre de analitos do meio de amostragem para um meio de recolha, como resultado da diferença de concentração do analito entre os dois meios (Kumar e Víden, 2007), geralmente empregue quando são requeridas médias de longo prazo, num estudo em grande escala (ECA, 1994). As vantagens da amostragem por difusão são menores custos e maior aceitação por parte do trabalhador, pois não necessita de bombas volumosas e caras, que estão sujeitas a controlos regulares e possíveis erros no fluxo de ar (Kumar e Víden, 2007). Os amostradores passivos são relativamente baratos, com um peso leve, são simples de operar e podem ser montados em quase todos os lugares, ou mesmo ser transportado por uma pessoa, para

monitorização pessoal (Kumar e Viden, 2007). Pode constituir um grande contributo para a monitorização dos poluentes em fase gasosa (ECA, 1994).

A.3 Parâmetros Físico-Químicos

A.3.1 Temperatura e Humidade Relativa

O ambiente térmico interior é um parâmetro global bastante importante da QAI, sendo afectado pela temperatura, humidade relativa, movimentação do ar e temperatura radiante. Sendo o conforto térmico definido como a reacção de um indivíduo ao frio e ao calor, este parâmetro depende do vestuário dos ocupantes e do nível de actividade dos mesmos, bem como da idade e fisiologia dos seus organismos (Sookchaiya *et al.*, 2010; EPA, 1991). É também uma função da temperatura do ar e da sua distribuição local, da temperatura das superfícies e da sua distribuição local, da humidade e do movimento do ar. Para ser possível afirmar que existe conforto térmico num espaço interior é necessário que 80% de todos os ocupantes considerem o ambiente como aceitável (Sookchaiya *et al.*, 2010).

A **temperatura** é a variável ambiental mais importante que influencia o conforto térmico; contudo, o seu efeito pode ser modificado pela humidade e pela movimentação do ar (ECA, 2003). No caso de hipertermia (devido a temperaturas elevadas), se o sistema de termorregulação do organismo perder a capacidade para restaurar a temperatura ideal (aproximadamente 37°C) pode verificar-se o aparecimento de distúrbios fisiológicos, tais como exaustão por calor, que é caracterizada por desmaios, náuseas, vómitos, dores de cabeça e excitação; pode ainda levar a insolação, onde se verificam sintomas tais como confusão, dores de cabeça, delírio, coma e eventualmente pode conduzir à morte (a ausência de suor permite a distinção entre insolação e exaustão por calor). Devido às excessivas exigências do processo de termoregulação no sistema circulatório, pode-se ainda verificar a ocorrência de ataque cardíaco. A existência de temperaturas baixas pode levar a um distúrbio análogo, a hipotermia. Em situações graves, à medida que a temperatura do organismo se aproxima dos 32°C, os tremores são substituídos por rigidez muscular, confusão e eventualmente perda de consciência; se o aquecimento não for restaurado, coma e morte por ataque cardíaco podem ocorrer se a temperatura do organismo se situar perto dos 25°C (Evans, 1982)

A **humidade** é outro parâmetro importante para o conforto térmico, uma vez que o aumento da humidade relativa reduz a capacidade de perda de calor do organismo através de transpiração e evaporação, resultando num efeito semelhante ao aumento da temperatura (EPA, 1991). Extremos de humidade podem criar igualmente outros problemas inerentes à QAI de um

edifício: níveis de humidade excessivamente baixos estão relacionados com a irritação da membrana mucosa dos olhos (olhos secos) e irritação sensorial das vias respiratórias aéreas (Wolkoff e Kjærgaard, 2007), e níveis elevados podem promover o crescimento de agentes bióticos, como fungos (EPA, 1991); a libertação para a atmosfera de poluentes químicos, como HCHO, e a ocorrência de reacções de superfície envolvendo compostos como O₃, óxidos de azoto (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x), podem ser influenciados pelos níveis de humidade. (Baughmann e Arens, 1996; EPA, 1991).

O Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril refere que a temperatura média no interior de edifícios climatizados deverá ser 20°C na estação de aquecimento (Inverno) e 25°C na estação de arrefecimento (Verão), apresentando uma humidade relativa de 50% nesta última estação do ano. Contudo, estes valores dizem respeito a edifícios com sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, pelo que se utiliza neste estudo as indicações referidas pela ASHRAE 55-2004 para edifícios com ventilação natural. Este documento apresenta um gráfico (Fig. A2) a partir do qual pode ser determinado o intervalo óptimo de temperatura interior, tendo em conta a temperatura média mensal no exterior; este critério tem em conta a adaptação do vestuário dos ocupantes à temperatura interior, porém não necessita de verificar condições de humidade relativa nem de velocidade do ar. Quanto à humidade relativa, deverá se situar entre 30% e 70% em ambas as estações.

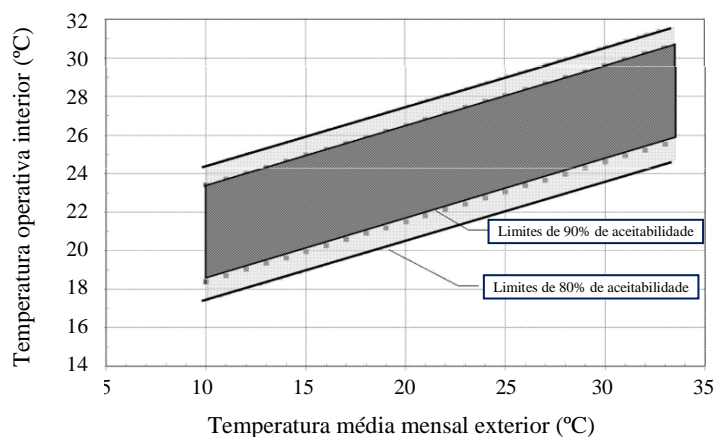


Figura A2. Temperaturas de conforto térmico. (Adaptado de ASHRAE 55-2004).

A.3.2 Matéria Particulada

A **matéria particulada** é composta por uma mistura de elementos sólidos e gotas líquidas suspensas no ar, provenientes de vários tipos de materiais e químicos, numa variedade de tamanhos e formas. Pode ter origem natural, como a erosão provocada pelo vento, ou origem em actividades humanas, como agricultura, chaminés, emissões de veículos e construções (EPA, 2010).

As suas propriedades aerodinâmicas são as mais importantes, uma vez que são as responsáveis pelo seu transporte e remoção no ar, pela deposição no sistema respiratório e estão associadas com a composição química e fontes das partículas. Estas propriedades são reflectidas no diâmetro aerodinâmico, que é o tamanho de uma esfera de densidade unitária, com as mesmas características aerodinâmicas (WHO, 2006). Assim, este tipo de poluente pode ser definido consoante as suas dimensões aerodinâmicas, em dois (ou mesmo três) tipos: as partículas “grossas” (PM_{10}) cujas dimensões são inferiores a 10 μm , ocorrem por processos de disrupção mecânica (esmagamento, moagem, abrasão de superfícies), evaporação de sprays, suspensão de pó e reacção de gases em ou nas partículas. Este tipo de material particulado é comumente composto por poeira do solo ou das estradas em suspensão, cinzas de combustão incontrolada de carvão, petróleo e madeira, óxidos de elementos da crosta terrestre (silício, alumínio, titânio, ferro), carbonato de cálcio, cloreto de sódio, sal marinho, pólen, bolores, esporos de fungos, fragmentos animais e vegetais, detritos de desgaste de automóveis e de estradas. As PM_{10} permanecem aéreas num período de minutos a dias, podendo viajar desde distâncias inferiores a 1 km a centenas de quilómetros. As partículas finas ($PM_{2,5}$), com dimensões inferiores a 2,5 μm , são originadas através de processos de condensação, coagulação, reacções de gases em ou nas partículas, evaporação de gotículas de nevoeiro e nuvens nos quais os gases se dissolveram e reagiram. Este tipo de matéria particulada é geralmente constituído por iões sulfato, nitrato, amónio e hidrogénio, carbono elementar, grande variedade de compostos orgânicos, metais (compostos de chumbo, cádmio, vanádio, níquel, cobre, zinco, manganês, ferro, etc) e partículas ligadas a água. As $PM_{2,5}$ têm a capacidade para permanecer aéreas durante dias ou mesmo semanas, podendo viajar centenas ou mesmo milhares de quilómetros. A terceira dimensão que pode ser considerada corresponde às partículas ultrafinas ($PM_{0,1}$), com dimensões inferiores a 0,1 μm , resultantes de processos de nucleação, condensação e coagulação, compostas por sulfatos, carbono elementar, compostos metálicos e compostos orgânicos com pressão muito baixa de saturação de vapor à temperatura ambiente. Tendo a capacidade de viajar distâncias inferiores a 1km até dezenas de quilómetros, estas partículas podem permanecer aéreas por períodos de minutos a horas. (EPA 2010; WHO 2006). Neste estudo apenas foram analisadas PM_{10} .

As suas dimensões determinam a capacidade de entrar e percorrer o sistema respiratório: partículas maiores do que 10 μm possuem uma baixa probabilidade de entrar e percorrer a região nasal do tracto respiratório naso-faríngeo. Matéria particulada com um diâmetro entre 5 e 10 μm são maioritariamente depositadas no sistema respiratório superior e podem provocar, por exemplo, rinite alérgica. Partículas menores do que 5 μm , a chamada fracção respirável, são capazes de penetrar nos alvéolos, podendo levar a alveolite alérgica ou mesmo outras patologias mais graves (Pastuszka *et al.*, 2000).

Os efeitos na saúde mais importantes provocados pela curta exposição a matéria particulada são reacções inflamatórias pulmonares, sintomas respiratórios, efeitos adversos no sistema circulatório, aumento da utilização de medicamentos, bem como de admissões hospitalares e mortalidade; um longo período de exposição tem a capacidade de provocar um aumento dos sintomas respiratórios no tracto inferior, redução da função pulmonar em crianças e adultos, aumento da doença pulmonar crónica obstrutiva, redução da esperança média de vida principalmente devido à mortalidade associada aos sistemas cardio-pulmonares e cancro do pulmão (WHO, 2006).

Em Munique, Alemanha, Fromme *et al.* (2009) analisaram a qualidade do ar em salas de aula e verificaram que no Inverno a quantidade de PM₁₀ era de 0,105 mg/m³, enquanto no Verão era de 0,072 mg/m³. Em Portugal, no estudo desenvolvido por Madureira *et al.* (2009) em onze escolas do Porto, verificaram que a quantidade de PM₁₀ encontrada no interior dos edifícios era em média 4,4 vezes superior à detectada no exterior

A legislação portuguesa (DL 79/2006) estabelece 0,150 mg/m³ como o valor de exposição máximo permitido, de forma a prevenir os efeitos da inalação de matéria particulada com dimensões inferiores a 10 µm na saúde humana.

A.4 Parâmetros Microbiológicos

Este tipo de contaminante pode ser de origem fúngica, bacteriana, ou outras, como ácaros e pólenes. Tendo em conta a legislação Portuguesa (DL 79/2006) foram estudados somente as bactérias e os fungos neste trabalho.

A.4.1 Bactérias

O termo **bactéria** é geralmente utilizado para referir seres procariotas. Com dimensões entre 0,5 µm e 2 µm (Black, 2002), podem apresentar várias formas, como os exemplos ilustrados na Figura A3.

Pelo estudo da natureza física da parede celular bacteriana, através da “Coloração de Gram”, é possível distinguir entre bactérias Gram positivas ((+)) e Gram negativas ((-)); as células Gram (+) podem ainda ser identificadas como acido-resistentes com a utilização da coloração álcool-ácida (Black, 2002; Prescott *et al.*, 2002).

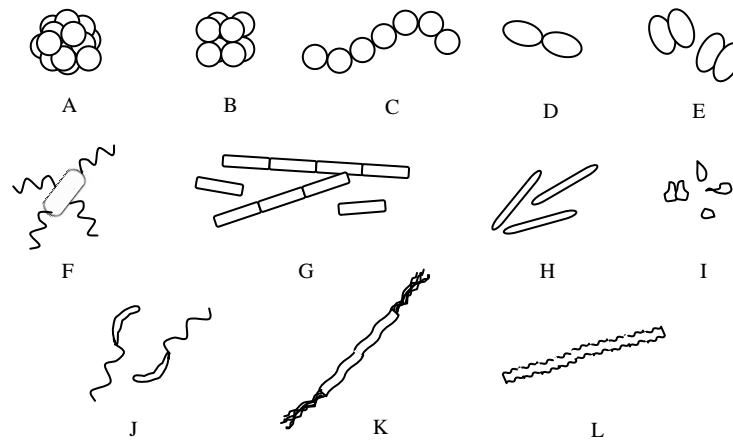


Figura A3. Formas e arranjos de algumas bactérias (não desenhados à escala). A – Células esféricas uniformes (cocci) em aglomerados irregulares: *Staphylococcus aureus*; B – Cocci em organização regular de oito células: *Sarcina ventriculi*; C – Cocci em cadeias: *Streptococcus pyogenes*; D – Cocci levemente alongados aos pares (diplococci): *Streptococcus pneumoniae*; E – Diplococci no qual cada célula é achatada ou levemente côncava no lado da célula adjacente: *Neisseria gonorrhoeae*; F – Célula em forma de haste (bacilo), com vários flagelos: *Escherichia coli*; G – Bacilo com extremidades cortadas, sozinho e em cadeias: *Bacillus anthracis*; H – Bacilo com extremidades afiadas: *Fusobacterium nucleatum*; I – Células com forma irregular (pleomórficas): *Corynebacterium diphtheriae*; J – Bacilos curvos (vibriões), cada um com um flagelo: *Vibrio cholerae*; K – Célula espiral rígida (spirillum), com um tufo de flagelos em cada extremidade: *Spirillum volutans*; L – Célula espiral flexível (spirochaete): *Treponema pallidum*. (Adaptado de Singleton, 1999)

As bactérias Gram (+) apresentam uma camada relativamente espessa de peptidoglicano (20 a 80nm transversalmente), sendo 60 a 90% da sua constituição; tal espessura de parede tem a capacidade de reter corantes, tais como o complexo violeta de cristal-iodo da “Coloração de Gram”; contudo, danos fisiológicos ou envelhecimento podem permitir a saída do corante, tornando a célula Gram-variável ou Gram (–) com a idade. O facto destas células possuírem um espaço periplásmico estreito (devido à espessura da parede), leva a que enzimas digestivas não retidas neste espaço estejam bastante diluídas no ambiente envolvente, não provocando danos à bactéria (Black, 2002; Prescott *et al.*, 1999). Estas bactérias são conhecidas como tendo origem humana, sendo o *Staphylococcus aureus* e o *Streptococcus pyogenes* dois exemplos deste tipo bacteriano, que são conhecidas por colonizarem o tracto respiratório e provocarem infecções respiratórias (Wilson, 2005).

As bactérias Gram (–) possuem uma parede celular bastante mais fina, e por apenas 10 a 20% da parede ser constituída por peptidoglicano, torna-a muito mais complexa, pois o restante é composto por polissacarídeos, proteínas e lípidos; esta constituição torna a retenção do corante violeta de cristal-iodo mínima, devido à fácil dissolução da parede pela adição do álcool na coloração. O facto da espessura da parede ser pequena, leva à existência de um espaço periplásmico relativamente largo, pelo que promove a retenção de enzimas e toxinas no referido espaço em concentrações suficientes para provocar danos à bactéria (Black, 2002; Prescott *et al.*, 1999). Dois exemplos de Gram (–) são a *Escherichia coli* e a *Legionella pneumophila*; enquanto

a primeira, apesar de fazer parte da flora intestinal, poder ser uma causa de meningite em recém-nascidos (Wilson, 2005) e de distúrbios gástricos (Ferreira e Sousa, 2000), a segunda espécie, colonizando habitats húmidos como fontes de água, chuveiros, sistemas de aquecimento e ventilação, é a responsável pela pneumonia conhecida como doença do Legionário (Stanier, 1987).

A nível de concentrações comumente detectadas no ar interior, num estudo efectuado em 163 habitações no Reino Unido durante dois anos (1990-1992) verificaram a presença de 365,6 UFC/m³ de bactérias, enquanto que uma investigação mais intensiva detectou uma média de 917 e 933 UFC/m³ de bactérias em salas de estar e em quartos, respectivamente, em 35 das habitações analisadas previamente (Hunter *et al.*, 1996; Jones, 1999).

O DL 79/2006 estabelece o valor de 500 UFC/m³ como o valor máximo de referência aceite para a quantidade de bactérias totais encontradas no interior de edifícios. Estabelece igualmente que o ar interior não pode apresentar 300 UFC/m³ a mais do que o ar exterior. Neste estudo foi igualmente analisada a quantidade de bactérias Gram (-) (e consequentemente a quantidade de Gram (+) por subtracção da quantidade de bactérias Gram (-) à quantidade de bactérias totais) no sentido de ser inferida a principal fonte das mesmas: se ambientais (Gram (-)), ou se humanas (Gram (+)).

A.4.2 Fungos

Fungos são organismos eucariotas, produtores de esporos, com nutrição por absorção, sem clorofila e com reprodução sexuada e assexuada (Prescott *et al.*, 1999).

Estes seres podem ser classificados como leveduriformes (comumente designados de leveduras) caso sejam unicelulares, ou filamentosos no caso de se tratarem de fungos pluricelulares (a grande maioria). Certas espécies, nomeadamente algumas patogénicas para o Homem, têm a capacidade de apresentar a forma leveduriforme aquando da parasitose e a filamentosa aquando do seu desenvolvimento como saprófitas – este fenómeno é designado de dimorfismo (Ferreira e Sousa, 2000).

Na sua organização os fungos apresentam a estrutura vegetativa, o designado talo; este é constituído pelo micélio, um conjunto pouco organizado de hifas. Na maior parte dos fungos a parede das suas células é constituída por quitina, um polissacárido resistente mas flexível de resíduos de N-acetilglucosamina (Black, 2002, Prescott *et al.*, 1999). As hifas geralmente têm um ou dois núcleos, sendo que estas por vezes estão separadas por septos (hifas septadas); a existência de poros nestas divisões permite a troca de citoplasma e núcleos entre as células (Black, 2002); hifas isentas de septos designam-se de asseptadas ou cenocíticas (Ferreira e Sousa, 2000).

A classificação taxonómica tem sofrido muitas alterações ao longo dos tempos. É frequente encontrar nas várias publicações classificações tendo em conta a morfologia das estruturas sexuais e, mais recentemente, classificações de acordo com estudos efectuados recorrendo a análises genéticas e moleculares (estas pesquisas reflectem-se em dados acerca do possível processo evolucionário destes seres) (Ferreira e Sousa, 2000; Prescott *et al.*, 1999). Assim, a primeira forma de classificação considera a colocação de todos os fungos no Reino *Fungi*, havendo quatro filós: *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Basidiomycota* e *Deuteromycota*. A segunda classificação refere a existência de dois reinos, o Reino *Chromista* (fungos imperfeitos, com hifas com paredes celulósicas) que compreende dois filós: *Oomycota* e *Hyphochytriomycota* e o Reino *Eumycota* (fungos verdadeiros, em que a parede das hifas é constituída por quitina), englobando quatro filós: *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Dicaryomycota* e *Glomeromycota* (Prescott *et al.*, 1999)

Os fungos mais comuns no ambiente interior são *Cladosporium sp.*, *Penicillium sp.*, e *Alternaria sp.* (Fig. A4). Os três últimos, apesar de habituais, produzem micotoxinas, para além das espécies menos abundantes *Fusarium sp.* e *Stachybotrys sp.*. Generalizadamente, estes organismos podem ser agentes causadores de reacções alérgicas, asma, rinite, dores de cabeça, infecções respiratórias, irritação dos olhos, nariz e garganta, entre outros problemas de saúde (Peterman *et al.*, 2002) (Tabela A3).

Contudo, alguns estudos têm demonstrado que as reacções alérgicas podem não ser o factor mais importante no desenvolvimento de sintomas respiratórios associados à exposição a fungos (Howden-Chapman *et al.*, 1996): as micotoxinas são compostos tóxicos produzidos naturalmente por algumas espécies (Hendry e Cole, 1993), que induzem uma gama ampla de efeitos sistémicos agudos e crónicos; investigadores demonstraram que as micotoxinas são rapidamente absorvidas pela mucosa do tracto respiratório e a sua presença nos pulmões poderá afectar o sistema imunitário, precipitando o início dos sintomas (Samson *et al.*, 1994).

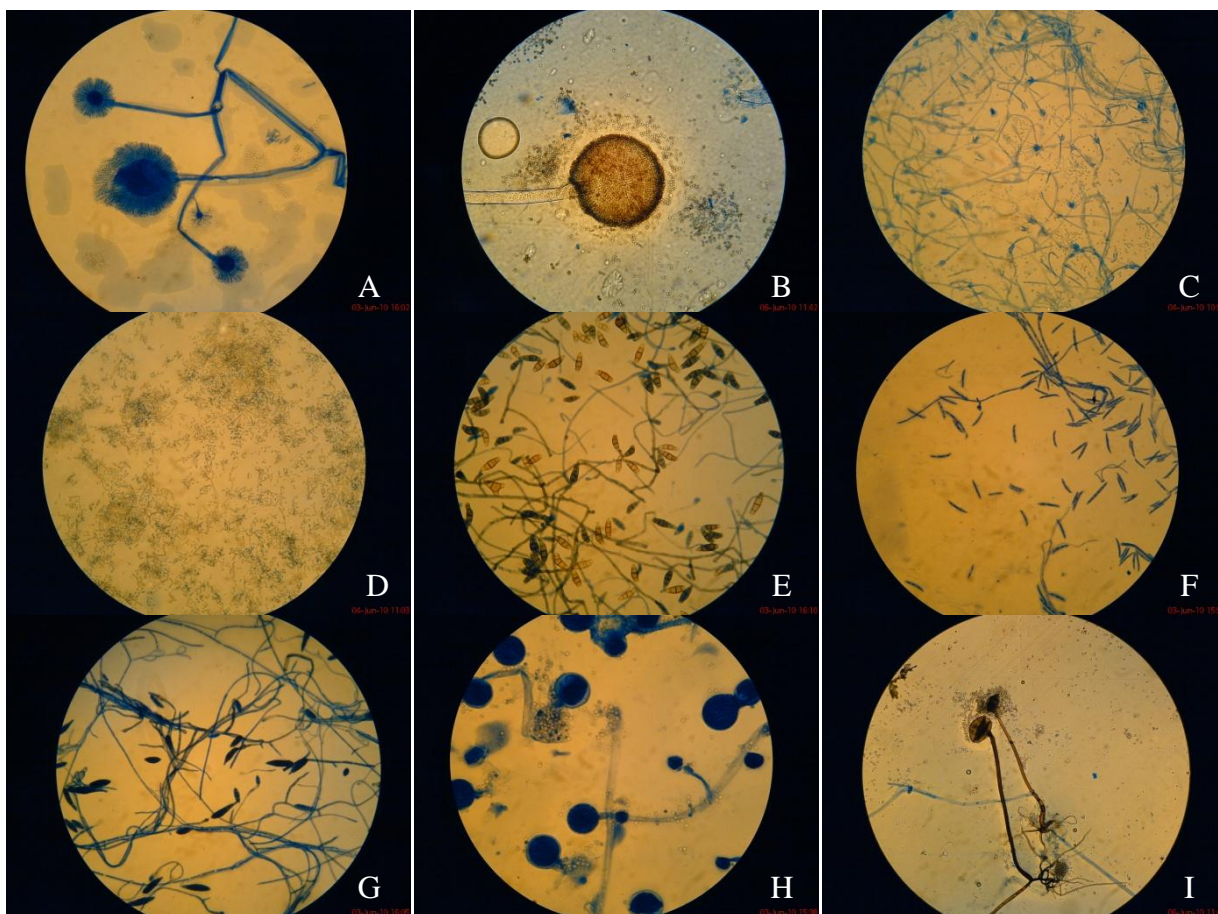


Figura A4. Visualização microscópica de alguns fungos encontrados no ar interior. A – *Syncephalastrum sp.* (400x); B – *Aspergillus niger* (400x); C – *Penicillium sp.* (400x); D – *Cladosporium sp.* (400x); E – *Curvularia sp.* (400x); F – *Fusarium sp.* (400x); G – *Alternaria sp.* (400x); H – *Mucor sp.* (400x); I – *Rhizopus sp.* (50x). Corante utilizado: lactofenol.

Tabela A3. Efeitos na saúde humana provocados por alguns fungos. (Doctor Fungus, 2010)

Espécie fúngica	Efeitos na saúde	Fonte do fungo	Outros efeitos
<i>Alternaria sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dermatomicose • Sinusite • Infecções cutâneas ulcerosas • Ceratite • Infecções viscerais • Osteomielite 	Plantas, solo, comida, ar interior	---
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Infecções nos pulmões e seios nasais • Infecções generalizadas 		
<i>Aspergillus niger</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Otomicoses • Aspergilose invasiva 	Solo, restos de plantas, ambiente do ar interior	---
<i>Aspergillus versicolor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Asma • Pneumonias de hipersensibilidade 		
<i>Cladosporium sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lesões na pele • Ceratite • Dermatomicoses • Sinusite • Infecções pulmonares 	Ar e material orgânico em decomposição	---
<i>Fusarium sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ceratite • Endoftalmite • Otite • Dermatomicose • Infecções cutâneas • Queimaduras • Sinusite • Mictoma • Infecções pulmonares • Endocardite • Peritonite • Artrite • Fungemia 	Plantas e solo	Produzem micotoxinas (Provoca alergias e tem efeitos carcinogénicos)
<i>Fusarium moniliforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mictoma • Ceratite • Artrite séptica • Infecções disseminadas 	Plantas e solo	
<i>Penicillium sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ceratites • Endoftalmites • Otomicoses • Esofagite • Pneumonia • Endocardite • Peritonite 	Solo, ar, vegetação em decomposição	Produzem micotoxinas
<i>Rhizopus sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Infecções mucocutâneas, genito-urinárias, gastrointestinais, pulmonares 	Solo, em fruta e vegetais em decomposição, fezes animais, pão envelhecido	---

Num estudo realizado no Reino Unido a 163 habitações foi detectada uma média de 234 UFC/m³ de fungos, enquanto no desenvolvido mais intensivamente em 35 das habitações encontraram uma média de 912 e 818 UFC/m³ de fungos nas salas de estar e nos quartos, respectivamente; o género *Penicillium* foi o mais comum (53%), seguido pelos géneros *Cladosporium* e *Aspergillus* (Hunter *et al.*, 1996). Na Noruega, a investigação realizada por Dotterud *et al.* (1995) em habitações e escolas verificou que o género mais comum era o *Penicillium*, seguido por *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Mucor*. Quanto ao Japão, em 1997 investigadores verificaram que a quantidade de fungos no ar de ambientes interiores variava entre 13 e 3750 UFC/m³ (Takahashi, 1997; Jones, 1999). Bates e Mahaffy (1996) (Daisey *et al.*, 2003) verificaram que as quantidades de fungos eram maiores no exterior do edifício analisado do que no seu interior. Foi encontrada uma média de 500 UFC/m³ de fungos em 96 salas de aula (38 escolas) da Suécia, com uma quantidade máxima de 4500 CFU/m³ (Smedje *et al.*, 1996, 1997; Daisey *et al.*, 2003).

À semelhança das bactérias, o valor máximo de fungos no ar interior aceite pela legislação Portuguesa (DL 79/2006) é de 500 UFC/m³. Contudo, a Nota Técnica (NT-SCE-02 de 2009) acrescenta a necessidade de identificação das espécies fúngicas no ar interior caso se observe maior quantidade de fungos no ar interior comparativamente ao ar exterior (Tabela A4). Nesse caso, não se deve verificar misturas de espécies pouco comuns em quantidades superiores a 150 UFC/m³ nem a existência de uma só espécie pouco comum em quantidades superiores a 50 UFC/m³. Para além disso, não se deve verificar a presença confirmada (existência de várias colónias em duas placas – duplicados) de espécies toxigénicas e/ou patogénicas. A verificação da existência de um ou ambos os critérios constitui situações de perigosidade.

Tabela A4. Critérios referidos na Nota Técnica (NT-SCE-02) para análise fúngica.

Critério	Espécies
Fungos Comuns	<i>Cladosporium spp.</i>
	<i>Alternaria spp.</i>
	<i>Penicillium spp.</i>
Fungos Pouco Comuns	Quaisquer fungos diferentes dos considerados comuns
Fungos Toxigénicos e/ou Patogénicos	<i>Stachybotrys chartarum (S. atra)</i>
	<i>Fusarium moniliforme</i>
	<i>Aspergillus versicolor, A. flavus, A. fumigatus e A. niger</i>
	<i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Cryptococcus neoformans</i>

Parte B

*Estudo da Qualidade do Ar Interior em Onze Infantários da Região
Autónoma da Madeira*

B. Estudo da Qualidade do Ar Interior em Onze Infantários da Região Autónoma da Madeira

B.1 Materiais e Métodos

B.1.1 Locais de recolha

Foram seleccionados onze infantários na Região Autónoma da Madeira (RAM), Portugal: dois no Funchal (1 e 2) e os restantes em nove outros concelhos da RAM (Santa Cruz – 3, Machico – 4, Santana – 5, São Vicente – 6, Porto Moniz – 7, Calheta – 8, Ponta do Sol – 9, Ribeira Brava – 10 e Câmara de Lobos – 11). Os infantários situados no Funchal, Santa Cruz, Machico, Calheta, Ponta de Sol, Ribeira Brava e Câmara de Lobos estão localizados na costa sul da ilha da Madeira (Fig. B1); os restantes estão dispostos pela costa Norte da mesma. Dada a sua localização, considerou-se que os infantários do Funchal, Santa Cruz e Câmara de Lobos estão situados em ambientes urbanos, enquanto os restantes estão inseridos em áreas rurais. Nenhum dos infantários possuía sistemas de ventilação, dando-se o arejamento (renovação de ar) através da abertura de portas e janelas.

Foi analisado o ar interior de duas salas (A e B), com uma área média de 25m², em cada infantário, bem como o ar exterior (E), perto das janelas das salas em análise. Em todos os espaços a análise foi realizada no centro da sala, a aproximadamente 50cm de altura. As crianças presentes nas salas tinham idades entre um e dois anos. Cerca de metade das análises (48%) foram realizadas sem crianças nos espaços em estudo, uma vez que se encontravam noutras salas a desenvolver outras actividades do seu dia-a-dia. Deste modo, foi encontrada uma média de oito crianças por sala, quando se considera apenas as salas em que as crianças estavam presentes, com uma quantidade máxima de vinte e quatro (se se considerarem todas as salas, a média de crianças por sala é quatro); foi ainda apurada a presença de, em média, um adulto por sala.

Foram realizadas quatro recolhas ao longo do ano, em cada infantário: a primeira foi desenvolvida no Outono (Outubro/Novembro), a segunda no Inverno (Janeiro), a terceira na Primavera (Março) e a última no início do Verão (Maio).



Figura B1. Mapa da Ilha da Madeira, com a ilustração da localização dos infantários analisados.

B.1.2 Análises Químicas e Físico-Químicas

Os **contaminantes químicos gerais** CO₂, CO, NO₂, NO, SO₂ e H₂S, bem como a **temperatura** (T) e a **humidade relativa** (HR) foram detectados com recursos às sondas DirectSense™ IAQ PPC (IQ-610, IQ-410) (Tabela B1) (GrayWolf Sensing Solutions).

Tabela B1. Especificações gerais dos sensores utilizados (IQ-610 e IQ-410) (GrayWolf Sensing Solutions).

Parâmetro	Sensor	Zona de medição	Precisão	Limite de detecção
CO ₂	NDIR	0–18300 mg/m ³	±3%rdg ±92 mg/m ³	---
CO	Electroquímico	0–580 mg/m ³	±2,3 mg/m ³ , <58 mg/m ³ ±3%rdg, >58 mg/m ³	---
O ₃	Electroquímico	0,00–2,00 mg/m ³	---	0,04 mg/m ³
NO ₂	Electroquímico	0,00–57,40 mg/m ³	---	0,04 mg/m ³
NO	Electroquímico	0,00–175,00 mg/m ³	---	0,25 mg/m ³
SO ₂	Electroquímico	0,00–80,00 mg/m ³	---	0,27 mg/m ³
H ₂ S	Electroquímico	0,00–71,00 mg/m ³	---	<0,04 mg/m ³
Temperatura	Pt-100	-15–70°C	±0,3°C	---
Humidade Relativa	Capacitivo	0–100%	±2%HR, < 80%HR ±3%HR, > 80%HR	---

A **matéria particulada** (PM₁₀) foi detectada com o personalDataRAM (pDR-1000AN), usando um fotómetro de dispersão de luz, com um intervalo de medição de 0,001 a 400 mg/m³. Este dispositivo possui uma fonte de diodo que emite radiação próxima do infravermelho, cuja intensidade de luz dispersa pelas partículas existentes no ar que atravessa a câmara (e detectada por um detector de silício) é directamente proporcional à concentração das mesmas (GrayWolf Sensing Solutions).

Apesar do **formaldeído** (HCHO) ser um composto volátil, não é detectado pelos métodos geralmente empregues na análise de COVs, como o detector de fotoionização utilizado no estudo dos COVT e a cromatografia gasosa aplicada aos COVI, sendo assim, é necessário estudá-lo em separado (Jones, 1999). Como tal, para ser efectuada a medição da quantidade deste contaminante foi utilizado um Formaldemeter™ *htV* da PPM Technology. O método de amostragem ocorre através da sucção de 10mL de ar por uma bomba interna, que seguidamente detecta o formaldeído com um sensor electroquímico. A zona de medição é de 0 a 12,3 mg/m³, com uma resolução de 0,012 mg/m³ e precisão de 2% (PPM Technology).

Todos os dados apresentados são uma média dos valores registados nos espaços, com uma medição contínua de aproximadamente dez minutos.

B.1.3 Análises Microbiológicas

A análise **microbiológica** foi efectuada por impactação de ar, recolhido com o amostrador Duo SAS 360 (PBI), em meios de cultura adequados: CASO Agar (Fluka), para bactérias totais, MacConkey Agar (Fluka), para bactérias Gram (-) e Malt Extract Agar (Fluka) para fungos.

O amostrador Duo SAS 360 foi utilizado com um fluxo de 180L/min, em cada cabeça. (PBI International).

O CASO Agar é um meio de cultura universal, sem inibidores ou indicadores, indicado para uma ampla gama de aplicações, incluindo o cultivo de microrganismos mais fastidiosos. A sua composição consiste em 15,0g/L de agar, 15,0g/L de peptona caseína, 5,0g/L de cloreto de sódio e 5,0g/L de peptona de soja, conferindo um pH final de 7,3±0,2 (25°C) (Sigma-Aldrich). O MacConkey Agar é um meio de cultura diferencial e selectivo, recomendado para a detecção e isolamento de coliformes e patogénios intestinais – bactérias Gram (-) – sendo possível entre estas distinguir as colónias fermentadoras de lactose das não fermentadoras (Pompei *et al.*, 1996). A sua composição é 12,0g/L de agar, 5,0g/L de sais biliare, 10,0g/L de lactose, 0,075g/L de vermelho neutro, 20,0g/L de peptona e 5,0g/L de cloreto de sódio, perfazendo um pH de 7,4±0,2 (25°C) (Sigma-Aldrich). O meio de cultura Malt Extract Agar é utilizado para cultivo de fungos (bolores e leveduras). A sua composição é 15,0g/L de agar, 30,0g/L de extracto de malte e 5,0g/L de peptona micológica, correspondendo a um pH final de 5,4±0,2 (25°C). Contudo, o pH encontrava-se ajustado a 3,5, com ácido láctico, para inibir o desenvolvimento bacteriano.

Após incubação (a 37°C, durante 24h para as bactérias e a 27°C, durante 72h para os fungos), as colónias foram contabilizadas. No caso dos fungos, procedeu-se à sua identificação (Kern and Blevins; Onions *et al.*; Larone; St-Germain e Summerbell), pela observação das

características macroscópicas e microscópicas das colónias desenvolvidas. Todas as recolhas foram efectuadas em duplicado. As placas de cultura das recolhas foram transportadas acompanhadas de um branco de cada meio de cultura, de modo a garantir a inexistência de contaminação durante o manuseamento e transporte.

B.2 Resultados e Discussão

B.2.1 Parâmetros Químicos

Dióxido de Carbono

A medição dos níveis de CO₂ no estudo da QAI é importante pois reflecte o desempenho dos sistemas de ventilação e de sobrelocação do espaço (Nota Técnica, 2009). A legislação Portuguesa (DL 79/2006) estabeleceu como VMR 1800 mg/m³.

Como seria de esperar, as quantidades de CO₂ detectadas no interior dos edifícios são superiores às do exterior, devido à ocupação humana, como referiu Madureira *et al.* (2009) no seu estudo. No presente trabalho, foi encontrado no Outono uma média de CO₂ no interior de 1124 mg/m³, quanto ao Inverno, o valor médio de CO₂ foi 1882 mg/m³, na Primavera foi registada uma quantidade média de CO₂ de 1438 mg/m³ e no Verão esta foi de 1096 mg/m³. Estes valores são inferiores aos reportados por Fromme *et al.* (2007) para o Inverno e Verão; contudo, apresentam um comportamento semelhante ao referido por Samúdio *et al.* (2006), que refere que no Inverno são detectados valores de CO₂ acima do VMR, na Primavera estes situam-se próximos do VMR e no Verão são bastante inferiores ao VMR, reflectindo, deste modo, uma variação sazonal.

Verificou-se que 24% das medições de CO₂ no interior dos infantários (Tabela B2) revelaram valores superiores a 1800 mg/m³ (VMR), variando entre 568 mg/m³ na sala 11A na análise do Inverno e 4550 mg/m³ na sala 3A na recolha da Primavera: na sala em que foi detectado o valor máximo estavam presentes dez crianças (acompanhadas de dois adultos), encontrando-se todas as janelas fechadas. Nos casos em que foram detectados níveis alarmantes (superiores ao VMR), verificava-se uma de duas situações: ou todas as janelas (e portas) estavam fechadas ou a janela (ou porta) aberta não era suficiente para dissipar o CO₂ emitido durante a respiração do elevado número de pessoas presentes no espaço analisado. Como referenciado por Madureira *et al.* (2006), a ventilação adequada é uma forma bastante eficaz de diminuir níveis elevados de CO₂.

Tabela B2. Concentração de CO₂ (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I – interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	1213	2706	1104	702
	B	868	2088	1006	1344
	E	676	642	630	670
2	A	808	1072	1122	973
	B	1303	1019	2063	952
	E	651	633	640	653
3	A	2420	3562	4550	1297
	B	1089	2442	2957	1387
	E	677	602	640	619
4	A	1667	1802	1283	793
	B	1008	1162	1931	1014
	E	629	633	653	594
5	A	977	3277	1245	2008
	B	3374	3373	2227	1836
	E	603	588	558	556
6	A	968	1533	873	684
	B	677	1708	978	1824
	E	606	567	585	646
7	A	758	1586	950	914
	B	671	1108	724	689
	E	614	540	607	594
8	A	703	1428	1063	987
	B	1499	2910	1056	1243
	E	590	612	570	701
9	A	890	2054	1015	943
	B	948	2295	1288	1370
	E	683	634	605	578
10	A	936	2206	1101	999
	B	655	930	738	744
	E	666	631	731	739
11	A	640	568	1281	739
	B	652	575	1088	662
	E	653	508	617	598
\bar{x}	I	1124	1882	1438	1096
	E	640	599	612	631

Monóxido de Carbono

As concentrações de **CO** encontradas em todas as análises (Tabela B3) revelaram valores inferiores ao VMR (12,50mg/m³). Semelhante resultado foi encontrado por Samúdio *et al.* (2006).

Tabela B3. Concentração de CO (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I – interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	6,30	4,22	2,66	2,20
	B	9,80	3,40	4,40	2,00
	E	3,30	1,72	1,78	2,40
2	A	3,22	1,75	2,15	5,18
	B	2,82	1,32	2,40	6,52
	E	1,98	1,38	1,30	4,22
3	A	3,82	2,85	2,28	1,32
	B	5,62	4,12	4,30	1,35
	E	2,58	1,58	3,15	1,18
4	A	1,12	1,52	1,82	3,72
	B	1,10	0,80	1,70	1,86
	E	1,55	1,35	1,00	2,65
5	A	2,30	4,08	2,38	1,47
	B	7,35	3,02	2,30	4,08
	E	1,95	2,00	1,85	3,42
6	A	1,78	2,00	2,40	3,00
	B	1,36	2,20	2,38	2,88
	E	3,72	1,72	1,48	4,20
7	A	9,45	3,40	0,32	2,58
	B	4,40	2,35	0,55	1,70
	E	3,28	1,38	0,55	1,55
8	A	3,55	1,95	1,08	1,65
	B	2,80	1,75	1,60	3,25
	E	11,05	1,60	1,25	2,50
9	A	2,18	2,00	1,65	2,12
	B	0,48	1,61	1,88	2,26
	E	0,67	0,48	1,02	3,48
10	A	4,30	1,08	1,02	1,56
	B	1,72	1,48	0,80	2,48
	E	2,50	1,08	0,82	2,42
11	A	1,82	1,28	1,58	0,58
	B	0,90	2,02	1,18	1,28
	E	0,92	1,55	1,05	0,80
\bar{x}	I	3,74	2,28	1,99	2,50
	E	3,04	1,44	1,39	2,62

O valor máximo de CO detectado no interior dos edifícios em estudo (Tabela B2) foi de $9,80 \text{ mg/m}^3$, detectado na sala 1B na análise realizada no Outono, em que no exterior verificou-se uma quantidade de $3,30 \text{ mg/m}^3$. Foi nesta estação do ano (Outono) onde foram detectados os valores médios, no interior e no exterior dos infantários, mais elevados ($3,74 \text{ mg/m}^3$ e $3,04 \text{ mg/m}^3$, respectivamente), diminuindo no Inverno ($2,28 \text{ mg/m}^3$ e $1,44 \text{ mg/m}^3$, respectivamente) e na Primavera ($1,99 \text{ mg/m}^3$ e $1,39 \text{ mg/m}^3$, respectivamente). No Verão verificou-se um aumento no interior e no exterior ($2,50 \text{ mg/m}^3$ e $2,62 \text{ mg/m}^3$, respectivamente). Podendo-se concluir que existe influência das estações do ano. Estas observações vão de encontro ao estudo realizado por Chaloulakou e Mavroidis (2002).

Por observação dos resultados obtidos (Tabela B3), verifica-se ainda que apenas nas análises desenvolvidas no Verão foi detectada maior quantidade de CO no exterior, comparativamente aos valores encontrados no interior dos edifícios. Foi na sala 7A durante a análise da Primavera que foi encontrado o menor valor de CO ($0,32 \text{ mg/m}^3$), tendo o exterior um valor de $0,55 \text{ mg/m}^3$.

Uma vez que o CO é um produto de combustão incompleta, pode-se afirmar que as quantidades de CO provenientes do exterior têm um papel importante na quantidade detectada deste gás no interior de um edifício; a abertura de janelas e conseqüente arejamento pode influenciar tais valores, seja por aumento ou por diminuição.

Ozono

Verificou-se que 76% das análises realizadas no interior dos infantários (Tabela B4) apresentaram valores inferiores a $0,040 \text{ mg/m}^3$, correspondendo este valor ao limite de detecção da sonda. Contudo, os restantes 24% detectáveis encontravam-se abaixo do VMR ($0,200 \text{ mg/m}^3$). A maior quantidade de O_3 no interior dos edifícios analisados foi de $0,122 \text{ mg/m}^3$, detectada na sala 11A, na análise realizada no Inverno, com o exterior a revelar uma quantidade de $0,117 \text{ mg/m}^3$, igualmente o maior valor encontrado para este espaço.

As quantidades de O_3 analisadas no interior e consideradas detectáveis (com uma média de $0,072 \text{ mg/m}^3$, entre todas as estações do ano) foram superiores ao valor médio referido num estudo anterior realizado por Breysse *et al.* (2005).

Tabela B4. Concentração de O₃ (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,053
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,072
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,042
2	A	<0,040	0,042	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	<0,040	0,059	<0,040	0,042
3	A	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,047
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,054
4	A	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,042
5	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,091
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,068
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,079
6	A	<0,040	0,040	<0,040	0,088
	B	<0,040	0,053	<0,040	0,098
	E	<0,040	0,069	0,043	0,104
7	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,097
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,099
	E	<0,040	<0,040	0,040	0,108
8	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,090
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,084
	E	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
9	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,062
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,043
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,058
10	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,042
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,053
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,045
11	A	<0,040	0,122	<0,040	0,062
	B	<0,040	0,105	<0,040	<0,040
	E	<0,040	0,117	<0,040	0,045
\bar{x}	I	<0,040	0,080 ¹	<0,040	0,074 ¹
	E	<0,040	0,082 ¹	0,045 ¹	0,062 ¹

¹Estes dados correspondem à média dos valores detectáveis (>0,040 mg/m³).

Formaldeído

Neste estudo foram encontrados, em 48% do total de análises realizadas no interior, valores de **HCHO** superiores ao VMR ($0,100 \text{ mg/m}^3$) (Tabela B5). No trabalho de Samúdio *et al.* (2006) esta situação não se verificou. O maior valor de HCHO encontrado no interior dos infantários foi $0,774 \text{ mg/m}^3$, durante a análise da Primavera na sala 5A. É importante referir que todas as análises realizadas nos espaços interiores deste infantário levaram à detecção de quantidades de HCHO superiores ao VMR.

A presença de mobiliário de madeira, muitas vezes feito de contraplacado, trabalhos de colagens e pinturas expostos nas paredes e por vezes tapetes e peluches nas salas dos infantários em estudo podem ser a fonte de HCHO (Jones, 1999), que podem provocar irritação dos olhos e das vias respiratórias aéreas, bem como efeitos neurofisiológicos em humanos, apesar dos valores detectados se encontrarem dentro do limiar odorífico deste gás ($0,062\text{--}1,249 \text{ mg/m}^3$) (Jones, 1999).

No sentido de remover o excesso de formaldeído do ar, a melhor abordagem será o controlo da fonte, isto é a substituição dos materiais poluentes por materiais sem formaldeído ou com baixas emissões de formaldeído. Uma segunda opção será a ventilação, pois embora dilua a concentração dos poluentes representará sempre um maior consumo de energia. Um outro aspecto a considerar é que será necessário evitar uma despressurização do espaço (saída do ar demasiado rápido da sala, sem a voltar a encher à mesma velocidade), uma vez que a diminuição de pressão pode provocar o aumento da decomposição das resinas e consequentemente a libertação de mais formaldeído. Outra forma de eliminação seria com o emprego de dispositivos purificadores do ar através de uma reacção redox (uma vez que o formaldeído é um agente redutor), convertendo-o em ácido fórmico, menos prejudicial e menos volátil (Chang, 2005).

Dióxido de Azoto

Relativamente às medições de **NO₂**, verificou-se que cerca de 41% das análises (Tabela B6) realizadas no interior dos infantários apresentaram níveis inferiores a $0,040 \text{ mg/m}^3$, o valor do limite de detecção da sonda. Ainda assim, as quantidades de NO₂ detectáveis foram inferiores ao VMR recomendado pela OMS para uma hora de exposição média ($0,200 \text{ mg/m}^3$). Foi no exterior dos edifícios analisados que foram detectados os maiores valores de NO₂, estando o mais elevado no infantário 5 ($0,168 \text{ mg/m}^3$). Quanto ao maior valor detectado no interior, este foi de $0,163 \text{ mg/m}^3$, na sala 11A, durante a análise do Outono. O valor médio de NO₂ encontrado no interior de todos os infantários analisados foi de $0,074 \text{ mg/m}^3$, situando-se abaixo do valor referido por Breysse (2005), $0,084 \text{ mg/m}^3$.

Tabela B5. Concentração de HCHO (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano. nd – análise não desenvolvida

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	0,062	nd	0,062	0,012
	B	0,004	nd	0,050	0,125
	E	0,075	nd	0,062	0,000
2	A	0,037	nd	0,037	0,112
	B	0,025	nd	0,325	0,287
	E	0,200	nd	0,000	0,004
3	A	nd	nd	0,574	0,112
	B	0,125	nd	0,325	0,100
	E	0,000	nd	0,000	0,000
4	A	0,100	nd	0,075	0,137
	B	0,075	nd	0,087	0,062
	E	0,050	nd	0,000	0,012
5	A	0,250	0,125	0,774	0,112
	B	0,549	0,262	0,150	0,300
	E	0,000	0,012	nd	0,000
6	A	0,112	nd	0,050	0,275
	B	0,075	nd	0,062	0,300
	E	0,050	nd	0,012	0,000
7	A	nd	nd	0,087	0,025
	B	nd	nd	0,087	0,187
	E	nd	nd	0,000	0,000
8	A	nd	nd	0,087	nd
	B	nd	nd	0,002	nd
	E	0,000	nd	0,037	nd
9	A	0,025	nd	0,075	nd
	B	0,037	0,125	0,125	nd
	E	0,062	0,037	0,000	nd
10	A	nd	nd	0,062	0,200
	B	nd	nd	0,050	0,050
	E	nd	nd	0,125	0,275
11	A	0,137	nd	0,025	0,000
	B	0,012	nd	0,162	0,025
	E	0,000	nd	0,037	0,000
\bar{x}	I	0,109	0,159	0,152	0,135
	E	0,049	0,025	0,027	0,032

Tabela B6. Concentração de NO₂ (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estações do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	<0,040	0,096	0,050	<0,040
	B	<0,040	0,072	0,057	0,071
	E	0,072	0,143	0,115	0,066
2	A	0,081	<0,040	0,067	0,061
	B	0,043	<0,040	0,062	0,066
	E	0,081	<0,040	0,076	0,076
3	A	<0,040	0,057	0,057	0,076
	B	<0,040	0,053	0,043	0,061
	E	0,143	0,126	0,100	0,076
4	A	<0,040	<0,040	0,057	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	0,081	<0,040	0,081	0,086
5	A	0,131	0,063	<0,040	0,071
	B	0,063	0,063	0,053	<0,040
	E	0,168	0,126	0,105	0,122
6	A	<0,040	<0,040	0,072	0,091
	B	0,042	<0,040	0,053	0,076
	E	0,120	<0,040	0,100	0,086
7	A	<0,040	<0,040	0,048	0,051
	B	<0,040	<0,040	0,053	0,101
	E	<0,040	0,091	0,110	0,127
8	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,071
	B	<0,040	<0,040	<0,040	0,056
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,101
9	A	0,069	0,075	<0,040	0,056
	B	0,057	0,086	<0,040	0,041
	E	0,070	0,153	<0,040	0,127
10	A	<0,040	<0,040	0,072	0,061
	B	<0,040	<0,040	0,057	0,056
	E	0,048	<0,040	0,096	0,086
11	A	0,163	0,120	<0,040	0,127
	B	0,110	0,115	0,081	0,117
	E	0,124	0,110	0,086	0,142
\bar{x}	I	0,090 ¹	0,080 ¹	0,060 ¹	0,064 ¹
	E	0,101 ¹	0,127 ¹	0,097 ¹	0,099 ¹

¹Estes dados correspondem à média dos valores detectáveis (>0,040 mg/m³).

Monóxido de Azoto e Dióxido de Enxofre

Todas as análises realizadas nos infantários para o estudo das quantidades de **NO** e **SO₂** revelaram valores inferiores aos limites de detecção dos respectivos sensores da sonda (0,250 mg/m³ e 0,270 mg/m³, respectivamente). Assim, pode-se considerar que estes contaminantes não constituem qualquer risco para a saúde dos ocupantes dos infantários em estudo, pois o menor valor de NO referido que pode provocar efeitos adversos em crianças é de 0,624 mg/m³ (BTS, 2008), e a menor quantidade de SO₂ que pode alterar as funções pulmonares, bem como provocar sintomas respiratórios em indivíduos asmáticos é 0,500 mg/m³ (WHO, 2006).

Sulfureto de Hidrogénio

Apenas 24% das análises de **H₂S** (Tabela B7) realizadas no interior dos edifícios foram consideradas detectáveis, uma vez que as restantes encontravam-se abaixo do limite de detecção do sensor da sonda (0,040 mg/m³). Apesar de detectáveis, estes valores estavam todos abaixo da quantidade de H₂S mínima considerada como necessária para promover efeitos adversos na saúde humana (1,400 mg/m³), (Guidotty, 1996). O maior valor detectado foi de 0,104 mg/m³, na sala 9B, durante as análises realizadas no Inverno; este valor foi muito provavelmente um reflexo da quantidade de H₂S existente no exterior do infantário, uma vez que no exterior foi igualmente encontrado o maior valor (0,352 mg/m³).

B.2.2 Parâmetros Físico-Químicos

Temperatura

No interior dos infantários, a **temperatura** variou entre 16,9°C na sala 11B durante o Inverno (com o exterior a 16,5°C) e 26,6°C na sala 9B no Outono (sendo a temperatura no exterior de 25,2°C) (Tabela B8). No Outono, foi encontrada uma temperatura média no interior de 23,5°C (22,7°C no exterior), 19,9°C foi a temperatura detectada no interior do edifício no Inverno (com o exterior a 18,5°C), na Primavera, no interior, foi encontrada uma temperatura de 21,1°C (20,1°C no exterior do edifício), durante o início do Verão foi encontrada uma temperatura média de 22,0°C (exterior a 21,0°C).

Tabela B7. Concentração de H₂S (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	<0,040	0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	0,045	<0,040	0,050	<0,040
2	A	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	0,049	0,047	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
3	A	<0,040	0,085	0,092	<0,040
	B	<0,040	0,042	0,062	<0,040
	E	<0,040	<0,040	0,080	<0,040
4	A	<0,040	<0,040	0,042	<0,040
	B	<0,040	<0,040	0,045	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
5	A	<0,040	<0,040	<0,040	0,046
	B	<0,040	0,056	<0,040	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
6	A	<0,040	0,045	<0,040	<0,040
	B	<0,040	0,056	<0,040	0,044
	E	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
7	A	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,042
8	A	<0,040	0,053	<0,040	<0,040
	B	<0,040	0,056	<0,040	<0,040
	E	<0,040	<0,040	0,053	<0,040
9	A	<0,040	0,059	<0,040	<0,040
	B	<0,040	0,104	<0,040	<0,040
	E	<0,040	0,352	<0,040	<0,040
10	A	<0,040	0,048	0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	E	<0,040	<0,040	0,069	<0,040
11	A	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	B	<0,040	<0,040	0,043	<0,040
	E	<0,040	<0,040	<0,040	0,042
\bar{x}	I	<0,040	0,059 ¹	0,060 ¹	0,045 ¹
	E	<0,040	0,352 ¹	0,063 ¹	0,042 ¹

¹Estes dados correspondem à média dos valores detectáveis (>0,040 mg/m³).

Tabela B8. Temperatura (°C) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estações do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	24,7	21,6	21,9	23,3
	B	24,9	22,0	21,4	22,4
	E	25,0	20,0	21,7	23,1
2	A	22,9	19,3	20,6	22,7
	B	22,6	18,6	20,4	22,0
	E	23,7	17,7	21,9	22,5
3	A	23,2	20,0	21,0	23,4
	B	22,7	20,5	21,6	23,6
	E	19,4	19,2	16,6	22,8
4	A	24,0	23,3	20,6	22,9
	B	24,0	22,0	21,8	22,6
	E	23,8	20,3	20,6	20,2
5	A	20,8	20,5	21,2	20,8
	B	22,1	20,2	20,4	22,8
	E	20,4	17,6	18,0	18,5
6	A	21,8	17,9	20,3	20,0
	B	21,7	18,3	20,9	20,0
	E	20,5	16,9	19,6	19,2
7	A	22,1	19,4	19,2	19,9
	B	22,0	18,0	19,0	19,2
	E	21,9	15,8	17,7	18,4
8	A	22,8	18,8	21,5	20,6
	B	23,5	19,2	21,5	20,9
	E	22,2	20,5	20,6	21,4
9	A	26,5	21,2	22,6	22,5
	B	26,6	22,1	22,4	23,4
	E	25,2	19,2	22,2	20,7
10	A	24,5	20,6	20,6	23,0
	B	24,0	20,4	20,8	23,2
	E	23,7	19,6	20,0	22,7
11	A	23,7	17,4	23,8	22,4
	B	23,5	16,9	20,0	22,4
	E	23,7	16,5	21,9	21,4
\bar{x}	I	23,5	19,9	21,1	22,0
	E	22,7	18,5	20,1	21,0

Considerando a temperatura do ar exterior mensal média como a temperatura medida no exterior do infantário no mesmo dia das análises realizadas no seu interior e a temperatura interior de cada infantário como a média das duas salas do mesmo, verificou-se que 23% das temperaturas interiores encontravam-se abaixo do limite de 80% de aceitabilidade (ASHRAE 55-2004) (Fig. B2). 50% desses 23% corresponde a análises realizadas no Inverno (infantários 2, 6, 7, 8 e 11), 20% às análises da Primavera (infantários 2 e 7) e os restantes 30% no Verão (infantários 6, 7 e 8). Dos restantes 77% das análises (correspondendo aos valores dentro dos limites de aceitabilidade), 59% encontram-se dentro dos limites de 90% de aceitabilidade. A temperatura interior média detectada no Inverno encontra-se fora dos limites de aceitabilidade, enquanto as análises realizadas no Outono e no Verão encontram-se dentro dos limites de 90% de aceitabilidade (as análises da Primavera estão dentro dos limites de 80% de aceitabilidade).

Assim, a estação na qual foi encontrada maior quantidade de valores de temperaturas dentro dos limites de aceitabilidade foi o Outono, correspondendo a 100% dos infantários (73% dos infantários encontram-se dentro dos limites de 90% de aceitabilidade). Pelo contrário, o Inverno foi a estação na qual foi detectado o menor número de infantários com valores de temperaturas dentro dos limites de aceitabilidade: 45%. Pode-se então afirmar que a temperatura no interior era influenciada pela temperatura do exterior, influenciados estes pela localização dos infantários (infantários 6, 7 e 8 estão localizados na zona noroeste da ilha). Dada a importância da abertura de janelas (na manutenção de níveis baixos de contaminantes), para aumentar a temperatura até níveis confortáveis, ou para sentir menos os efeitos das baixas temperaturas, devem ser utilizadas roupas apropriadas e/ou aparelhos de aquecimentos (que contudo, podem ser a fonte de certos contaminantes). Acerca dos valores de temperatura baixos nas análises correspondentes ao Verão, poderá se dever ao período de leitura, que foi desenvolvido no fim da Primavera/início do Verão, altura do ano em que ainda não foram atingidas as temperaturas características da estação em referência; se os ocupantes não se sentirem confortáveis com as referidas temperaturas (sentirem frio), devem ser tomados os mesmos procedimentos referidos para o Inverno.

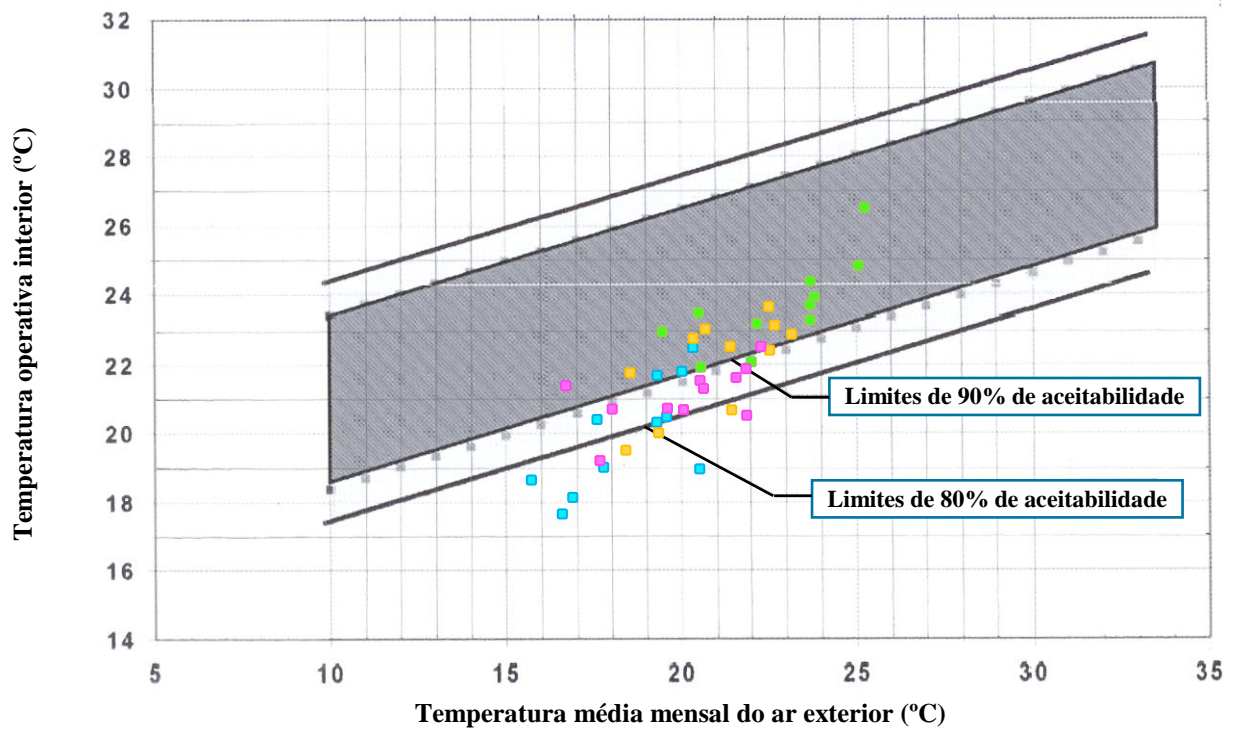


Figura B2. Aplicação do método ASHRAE 55-2004 para o estudo do conforto térmico. Os pontos verdes referem-se aos valores de temperatura no Outono, os azuis dizem respeito aos dados do Inverno, as marcações rosa representam as temperaturas na Primavera e os pontos laranja reportam-se aos valores de temperatura do Verão.

Humidade Relativa

Os valores de **humidade relativa** do interior das salas estudadas (Tabela B9) variaram entre 49% na sala 11A durante a análise do Inverno (com a humidade relativa no exterior a 48%) e 92% na sala 3A, durante o Inverno e a Primavera (com o exterior a 78% e 83% de humidade relativa, respectivamente). Apesar da norma ASHRAE 62-89 recomendar um intervalo de humidade relativa de 30-70% para manter um ambiente interior confortável, 64% das análises do interior dos infantários ficaram acima do limite superior (70%), ocorrendo em todas as estações do ano: no Outono, 68% das análises revelaram valores de humidade relativa superiores a 70% (infantários 2 a 7, 9 e 11), no Inverno a quantidade de análises à humidade relativa acima do limite superior foi 54% (infantários 3 a 5 e 8 a 10), na Primavera foram 86% as análises que registaram dados superiores a 70% (infantários 1 a 5 e 7 a 11) e no Verão esse valor correspondeu a 45% do total das análises realizadas (infantários 1 a 5, 8 e 10). Nenhuma análise revelou valores de humidade relativa inferiores a 30%, o limite inferior da escala proposta pela norma ASHRAE 62-89 (Fig. B4).

Todas as análises desenvolvidas nos infantários 3, 4 e 5 revelaram valores de humidade relativa superiores a 70%, o que mostra a possível interferência da sua localização na Ilha da Madeira (zona leste).

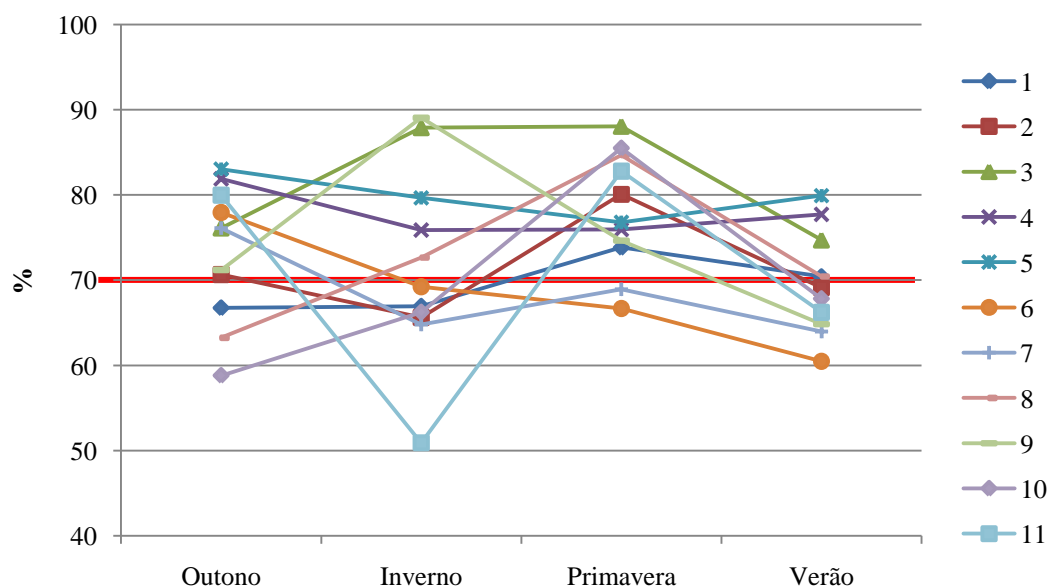


Figura B3. Valores de Humidade Relativa obtidos no interior (média de ambas as salas) dos onze infantários estudados, durante as quatro estações do ano. (— representa o extremo máximo da escala de referência da humidade relativa, de acordo com a norma ASHRAE).

Estes níveis elevados de humidade relativa podem ser objecto de preocupação uma vez que podem interferir com a regulação da temperatura corporal, promover o desenvolvimento de agentes biológicos, como fungos, ou mesmo contribuir para a libertação de compostos químicos de superfícies (EPA, 1991, Baughmann e Arens, 1996).

Matéria Particulada

Todas as análises realizadas para o estudo da quantidade de PM_{10} (Tabela B10) apresentaram valores inferiores ao VMR ($0,150 \text{ mg/m}^3$) estipulado pelo DL 79/2006. A maior concentração de PM_{10} foi de $0,091 \text{ mg/m}^3$, detectada na sala 6A, durante o Inverno. O valor médio de concentração deste contaminante no interior dos infantários foi superior ao seu valor médio no exterior, tal como Madureira *et al.* (2009) encontrou no seu estudo. Os valores médios obtidos no interior durante as análises realizadas no Inverno e no Verão ($0,028 \text{ mg/m}^3$ e $0,027 \text{ mg/m}^3$, respectivamente) foram inferiores aos referidos por Fromme *et al.* (2007) para as mesmas estações do ano ($0,105 \text{ mg/m}^3$ e $0,072 \text{ mg/m}^3$, para o Inverno e Verão, respectivamente).

Tabela B9. Humidade Relativa (%) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	59	68	73	64
	B	67	66	74	77
	E	59	49	71	62
2	A	73	64	76	67
	B	69	67	84	72
	E	69	62	70	62
3	A	81	92	92	74
	B	71	84	84	75
	E	79	78	83	68
4	A	87	76	78	77
	B	76	76	74	78
	E	79	76	67	81
5	A	82	78	70	85
	B	84	81	84	75
	E	75	71	62	69
6	A	80	68	67	55
	B	76	70	66	66
	E	81	64	66	62
7	A	76	68	70	64
	B	76	62	68	64
	E	76	61	67	71
8	A	62	71	87	71
	B	65	74	82	69
	E	61	58	89	65
9	A	71	91	76	68
	B	72	87	73	62
	E	70	100	75	68
10	A	62	70	85	70
	B	56	62	86	66
	E	56	59	92	69
11	A	79	49	76	67
	B	81	53	90	66
	E	80	48	83	66
\bar{x}	I	73	72	78	70
	E	71	66	75	67

B.2.3 Parâmetros Microbiológicos

Bactérias

Verificou-se que em 78% das medições, a concentração de bactérias totais no interior das salas (Tabela B11) revelaram valores superiores ao VMR (500 UFC/m³) referido na legislação portuguesa: aproximadamente 51% dessas análises apresentaram quantidades superiores a 1000 UFC/m³. Em todos os infantários foi encontrada pelo menos uma sala com concentração superior ao VMR. O infantário que poderá necessitar de maior atenção é o identificado como 4, pois durante as análises da Primavera e do Verão foram detectadas quantidades superiores a 1000 UFC/m³ em ambas as salas estudadas, bem como na sala A nas análises no Outono e Inverno; na sala B, foram detectadas 802 UFC/m³ e 954 UFC/m³, nas análises desenvolvidas no Outono e no Inverno, respectivamente.

Através do estudo da predominância de bactérias Gram (+) ou Gram (-) (Tabela B12) pode-se concluir que a principal fonte bacteriana são as bactérias Gram (+). Estas bactérias são conhecidas como tendo origem no organismo humano, enquanto as bactérias Gram (-) têm na sua maioria uma origem ambiental (Wilson, 2005; Stanier, 1987).

Verificou-se a inexistência de predominância de bactérias Gram (+) ou Gram (-) nos infantários 1 a 5, o que mostra, que para além da contribuição dos organismos humanos para a quantidade total bacteriana, outras fontes, como o exterior, tiveram um papel importante no valor de bactérias totais encontradas. Uma vez que o exterior apresenta quantidades de bactérias bastante inferiores aos detectados no interior dos infantários, pode-se colocar a possibilidade de ter ocorrido uma concentração/amplificação das quantidades do exterior no interior dos edifícios. Nos infantários 6 a 11, verificou-se predominância de bactérias Gram (+), podendo ser uma consequência do arejamento deficiente e/ou sobrelocação das salas.

Tabela B10. Concentração de PM₁₀ (mg/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	0,009	0,067	0,048	0,032
	B	0,007	0,071	0,044	0,045
	E	0,001	0,035	0,040	0,037
2	A	0,009	0,024	0,049	0,039
	B	0,013	0,006	0,032	0,052
	E	0,007	0,025	0,030	0,025
3	A	0,017	0,039	0,023	0,019
	B	0,025	0,040	0,040	0,037
	E	0,006	0,000	0,009	0,001
4	A	0,044	0,022	0,013	0,026
	B	0,037	0,020	0,030	0,042
	E	0,021	0,004	0,010	0,006
5	A	0,003	0,045	0,030	0,028
	B	0,030	0,030	0,038	0,032
	E	0,003	0,031	0,029	0,019
6	A	0,040	0,091	0,018	0,026
	B	0,040	0,003	0,023	0,051
	E	0,050	0,000	0,017	0,034
7	A	0,038	0,030	0,012	0,027
	B	0,051	0,000	0,016	0,024
	E	0,040	0,000	0,000	0,025
8	A	0,016	0,003	0,041	0,015
	B	0,039	0,018	0,066	0,028
	E	0,006	0,001	0,035	0,000
9	A	0,010	0,020	0,007	0,027
	B	0,020	0,048	0,015	0,024
	E	0,011	0,019	0,003	0,027
10	A	0,043	0,020	0,048	0,009
	B	0,004	0,001	0,033	0,000
	E	0,024	0,004	0,039	0,000
11	A	0,008	0,008	0,030	0,000
	B	0,012	0,012	0,026	0,000
	E	0,009	0,009	0,027	0,000
\bar{x}	I	0,023	0,028	0,031	0,027
	E	0,016	0,012	0,022	0,016

Tabela B11. Concentração de bactérias totais (UFC/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	908	>1000	812	290
	B	676	>1000	>1000	>1000
	E	116	40	44	76
2	A	668	772	>1000	>1000
	B	694	758	>1000	>1000
	E	188	248	76	262
3	A	>1000	>1000	384	>1000
	B	>1000	>1000	>1000	890
	E	52	60	28	26
4	A	>1000	>1000	>1000	>1000
	B	802	954	>1000	>1000
	E	44	10	164	146
5	A	804	>1000	624	892
	B	>1000	>1000	>1000	554
	E	14	10	12	10
6	A	>1000	>1000	318	56
	B	710	724	542	512
	E	78	28	42	16
7	A	>1000	>1000	670	758
	B	222	826	414	168
	E	46	4	24	34
8	A	756	672	>1000	744
	B	>1000	>1000	850	778
	E	54	28	34	786
9	A	434	528	124	150
	B	700	>1000	218	334
	E	134	36	46	44
10	A	>1000	>1000	906	670
	B	126	550	406	146
	E	132	84	362	170
11	A	166	590	>1000	894
	B	92	236	582	200
	E	100	34	30	34
\bar{x}	I	716 ¹	846 ¹	720 ¹	638 ¹
	E	87	53	78	146

¹Para o cálculo destes dados, as quantidades de bactérias totais de cada sala superiores 1000 UFC/m³ foram utilizadas como valores absolutos (1000 UFC/m³).

Tabela B12. Concentração de bactérias Gram (-) e Gram (+) (UFC/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano								
	Outono		Inverno		Primavera		Verão		
	Gram		Gram		Gram		Gram		
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	
1	A	234	674	688	>312	202	610	138	152
	B	352	324	466	>534	452	>548	800	>200
	E	36	80	0	40	6	38	6	70
2	A	204	464	406	366	234	>766	734	>266
	B	296	398	348	410	378	>622	456	>544
	E	30	158	18	230	10	66	68	194
3	A	540	>460	>1000	0	318	66	236	>764
	B	552	>448	446	>554	704	>296	338	552
	E	18	34	30	30	24	4	2	24
4	A	954	>46	842	>158	206	>794	386	>614
	B	266	536	376	>578	380	>620	490	510
	E	18	26	4	6	16	148	50	96
5	A	334	470	362	>638	220	404	384	508
	B	422	>578	468	>532	348	>652	450	104
	E	4	10	8	2	0	12	12	0
6	A	450	>550	174	>826	58	260	6	50
	B	82	628	218	506	188	354	80	432
	E	8	70	8	20	18	96	0	16
7	A	142	>858	664	>336	102	568	44	714
	B	20	202	112	714	82	332	20	148
	E	20	26	10	0	4	20	6	28
8	A	10	746	56	616	340	>660	76	668
	B	130	>470	428	>572	296	554	218	560
	E	8	46	16	12	0	34	110	676
9	A	132	302	110	418	24	100	72	78
	B	128	572	218	>782	20	198	58	286
	E	18	116	16	20	24	22	42	2
10	A	172	>828	272	>728	132	774	116	554
	B	26	100	93	458	150	256	24	122
	E	16	116	78	32	28	334	56	114
11	A	26	140	36	554	62	>938	124	770
	B	18	74	10	226	54	528	26	174
	E	12	88	14	20	10	20	24	10
\bar{x}	I	268	449 ¹	354	492 ¹	225	495 ¹	240	399 ¹
	E	17	70	12	42	13	65	34	112

¹Para o cálculo destes dados, as quantidades de bactérias Gram (+) de cada sala superiores a determinado valor foram utilizadas como valores absolutos.

A concentração bacteriana, juntamente com a concentração de CO₂, é um bom indicador da eficiência de ventilação e da existência (ou não) de sobrelotação. Observando a Figura B4 conclui-se acerca da existência de relação entre estes dois parâmetros (concentração de bactérias totais e concentração de CO₂), pois quando um deles está elevado ou baixo, muitas das vezes o outro apresenta o mesmo comportamento.

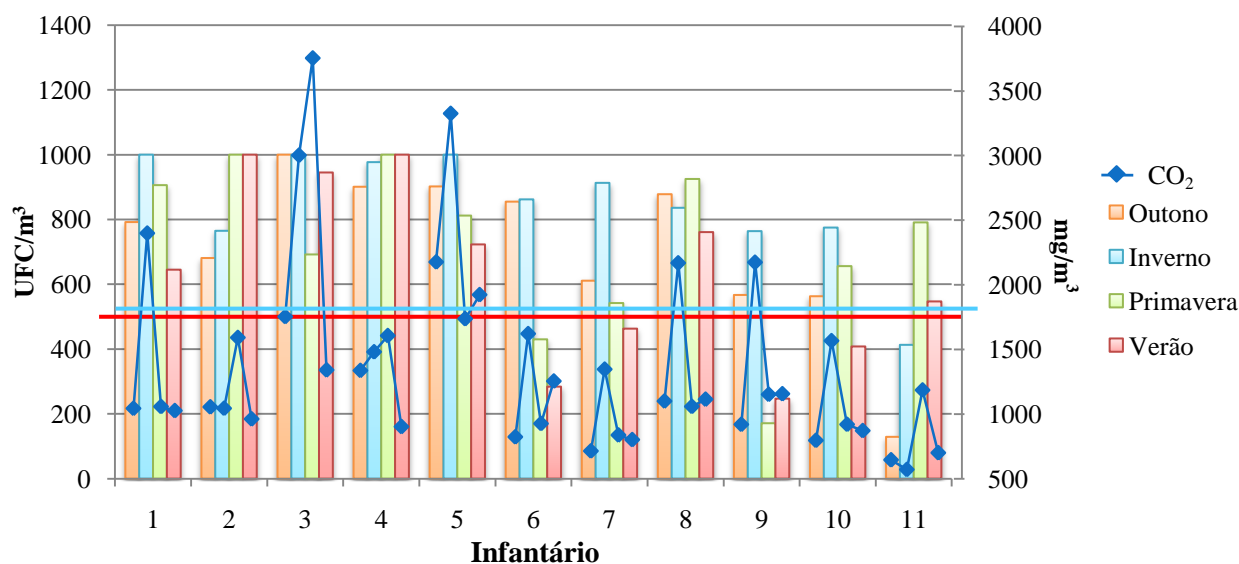


Figura B4. Representação gráfica dos níveis de bactérias totais e das concentrações de CO₂ detectadas no interior (médias de ambas as salas) dos infantários analisados. (— representa o VMR do CO₂, de acordo com o DL 79/2004; — representa o VMR para as bactérias totais, de acordo com o DL 79/2006).

Não foram encontradas diferenças significativas entre infantários de diferentes ambientes (urbano ou rural), bem como ao nível da sua localização (Norte ou Sul).

Quanto à influência das estações do ano, verificou-se a existência de um aumento na concentração de bactérias totais do Outono (716 UFC/m³) para o Inverno (846 UFC/m³), seguidamente diminuindo na Primavera para um valor próximo ao do Outono (720 UFC/m³) e apresentando o valor mais baixo na análise realizada no Verão (638 UFC/m³) (Tabela B11). Este comportamento poderá ser facilmente explicado com as condições atmosféricas exteriores, em que as janelas são geralmente mantidas fechadas no Inverno para evitar o frio, vento e/ou chuva (diminuindo o arejamento e consequentemente aumentando a concentração de bactérias totais no interior do edifício), enquanto no Verão, com a melhoria das condições atmosféricas, há um melhor arejamento das salas através da abertura de janelas e consequente diminuição das concentrações bacterianas totais.

Fungos

Quase todas as análises realizadas às concentrações totais de **fungos** no interior dos infantários (Tabela B13) revelaram valores inferiores ao VMR (500 UFC/m³) referido no DL 79/2006: apenas 8% das análises revelaram quantidades de fungos totais superiores. O maior valor foi de 872 UFC/m³ detectado na sala 6A, durante as recolhas efectuadas no Inverno, provavelmente devido a uma infiltração num canto da sala, uma vez que no exterior apenas foram detectadas 58 UFC/m³. O maior valor detectado no exterior (>1000 UFC/m³) corresponde ao infantário 2, durante a recolha de Verão; esta quantidade possivelmente deveu-se aos trabalhos de jardinagem que estavam a decorrer e reflectiu-se nos valores de fungos totais encontrados nas recolhas efectuadas no interior do infantário, pois em ambas as salas estudadas foram detectadas quantidades superiores ao VMR (620 UFC/m³ e 548 UFC/m³, nas salas A e B, respectivamente).

Conhecida a influência da humidade relativa do ar no desenvolvimento dos fungos, foram construídos os gráficos apresentados nas Figura B5 e B6. Esta relação está bem visível no caso dos infantários 3 e 11, em que com o aumento dos níveis de humidade relativa aumentaram também as quantidades de fungos, e vice-versa. Contudo, em geral, esta situação foi mais perceptível nas quantidades de fungos detectadas no exterior dos infantários, pois no interior dos edifícios há vários factores que podem influenciar tais valores, como o arejamento e a contaminação de roupas ou outros materiais trazidos pelas crianças e adultos para as salas.

A Nota Técnica (2009) especifica algumas considerações importantes sobre a presença de determinadas espécies de fungos bem como as suas quantidades no interior dos edifícios. Um dos requerimentos é que as quantidades de fungos totais detectadas no interior devem ser inferiores às encontradas no exterior: nenhum infantário cumpriu esta premissa em todas as quatro recolhas efectuadas (nos infantários 7 e 8 todas as recolhas de fungos totais no interior dos edifícios revelaram quantidades superiores às encontradas no seu exterior); apenas em 30% de todas as recolhas se verificou este critério.

Assim, foram identificadas as espécies dos fungos encontrados em todas as recolhas efectuadas nos onze infantários. Foram encontrados no total dezanove géneros diferentes: *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Lecythophora*, *Syncephalastrum*, *Beauveria*, *Arthrographis*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Absidia*, *Aureobasidium*, *Epidermophyton*, *Microsporum* e *Trichophyton*. O mais comum foi o género *Penicillium*, com cerca de 50% das colónias identificadas, seguido pelo género *Cladosporium*, com cerca de 20%. Foi ainda encontrada uma quantidade considerável de leveduras (17%) (Fig. B7 e B8).

Tabela B13. Concentração de fungos totais (UFC/m³) detectada no interior (salas A e B; I - interior) e no exterior (E) dos infantários analisados durante as quatro estações do ano.

Local de Análise	Estação do ano				
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
1	A	176	148	40	66
	B	140	76	44	78
	E	160	58	198	64
2	A	262	260	82	620
	B	242	264	150	548
	E	388	278	48	>1000
3	A	104	408	602	180
	B	328	96	236	236
	E	600	178	118	58
4	A	196	422	88	162
	B	206	302	484	300
	E	184	540	218	56
5	A	158	208	34	62
	B	110	190	60	150
	E	512	160	76	94
6	A	256	872	56	120
	B	492	186	62	40
	E	180	58	96	116
7	A	68	178	66	72
	B	56	282	32	66
	E	50	26	26	52
8	A	362	58	238	98
	B	350	156	376	520
	E	320	66	174	56
9	A	52	178	80	248
	B	60	318	42	562
	E	38	440	76	26
10	A	242	212	590	78
	B	158	120	132	44
	E	228	32	196	126
11	A	440	172	116	80
	B	462	84	288	128
	E	628	48	122	168
\bar{x}	I	224	236	177	195
	E	299	171	123	168

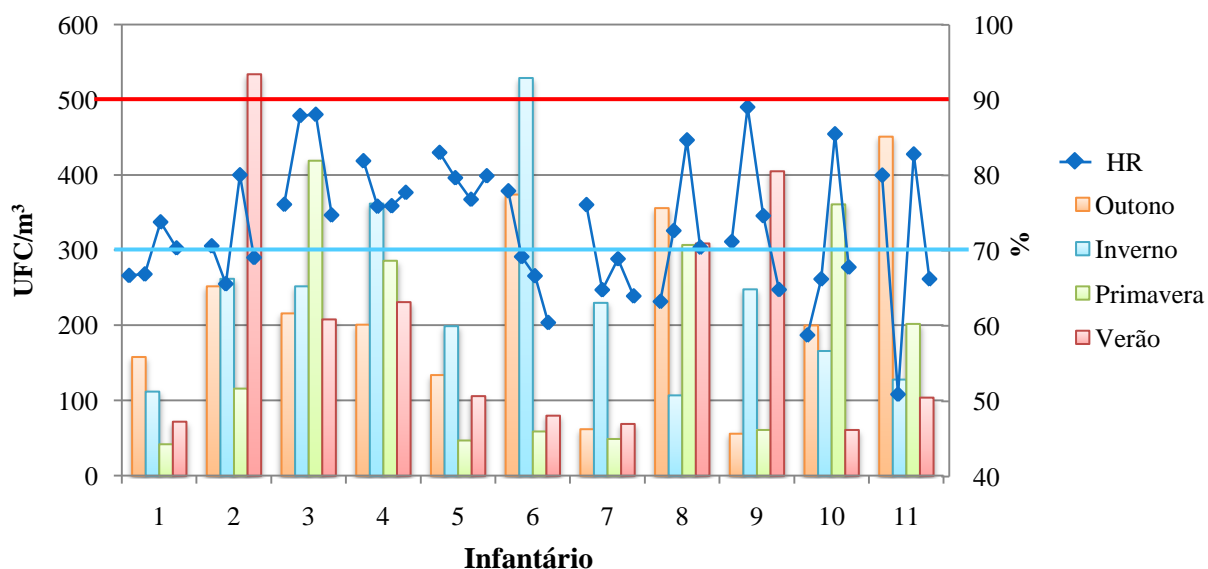


Figura B5. Representação gráfica da umidade relativa e das concentrações de fungos totais detectadas no interior (média de ambas as salas) dos infantários. (— representa o extremo máximo da escala de referência da umidade relativa, de acordo com a norma ASHRAE; — representa o VMR para os fungos totais, de acordo com o DL 79/2006).

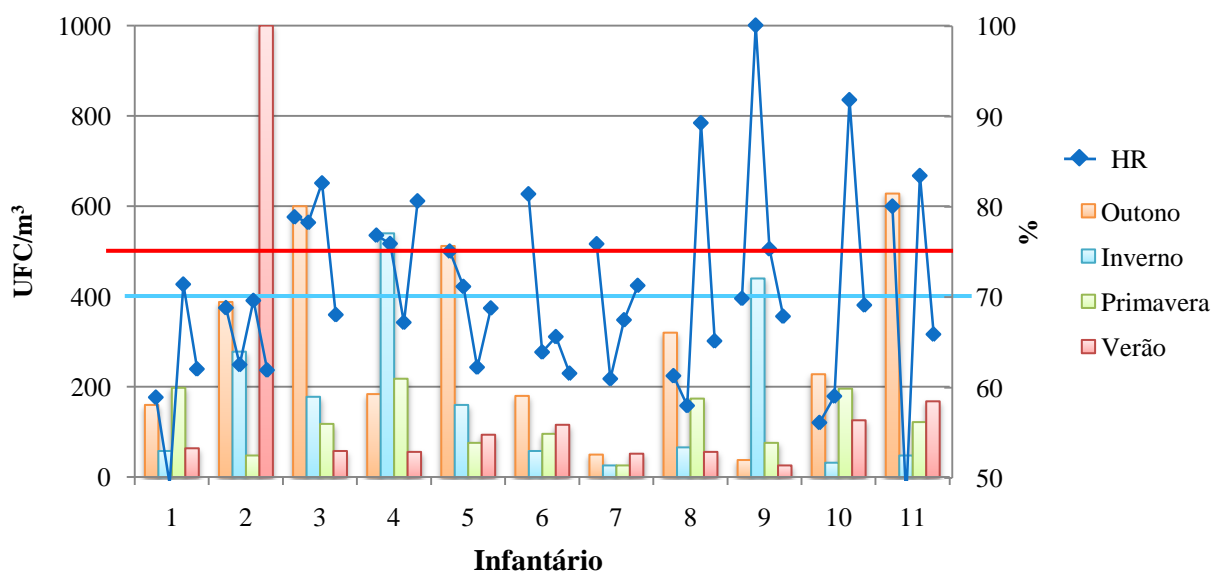


Figura B6. Representação gráfica da umidade relativa e das quantidades de fungos totais detectadas no exterior dos infantários. (— representa o extremo máximo da escala de referência da umidade relativa, de acordo com a norma ASHRAE; — representa o VMR para os fungos totais, de acordo com o DL 79/2006).

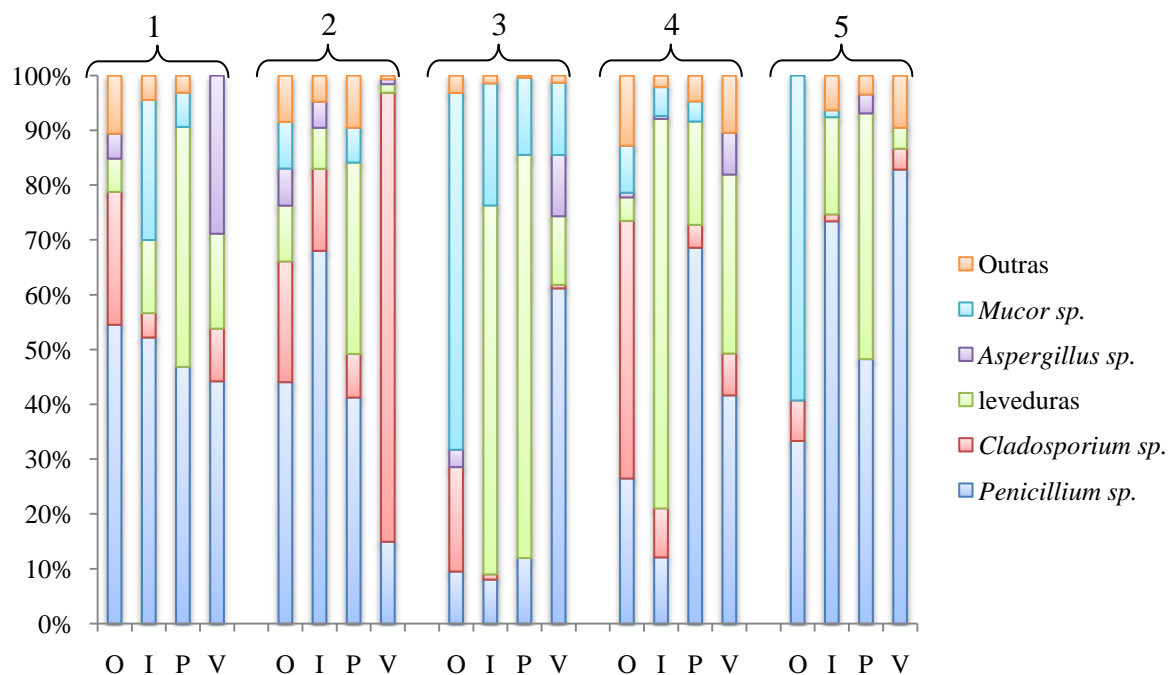


Figura B7. Frequência relativa das espécies de fungos identificadas nos infantários 1 a 5. A categoria “Outras” engloba as espécies *Aspergillus niger*, *A. versicolor*, *Fusarium sp.* *F. moniliforme*, *Rhizopus sp.*, *Paecilomyces sp.*, *Lecithophora sp.*, *Syncephalastrum sp.*, *Beauveria sp.*, *Arthrographis sp.*, *Trichoderma sp.*, *Absidia sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Epidermophyton floccosum*, *Microsporium audouinii*, *Trichophyton verrucosum* e *Trichophyton terrestre*, cuja soma é inferior a 15 UFC/m³. (O – Outono; I – Inverno; P – Primavera; V – Verão).

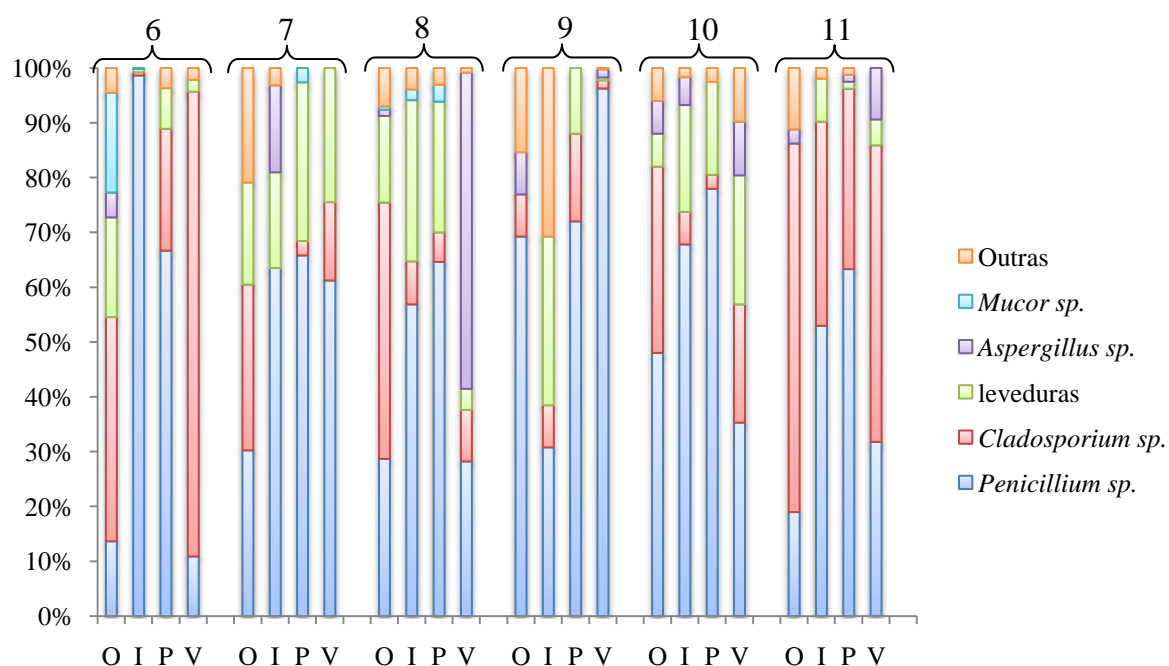


Figura B8. Frequência relativa das espécies de fungos identificadas nos infantários 6 a 11. A categoria “Outras” engloba as espécies *Aspergillus niger*, *A. versicolor*, *Fusarium sp.* *F. moniliforme*, *Rhizopus sp.*, *Paecilomyces sp.*, *Lecithophora sp.*, *Syncephalastrum sp.*, *Beauveria sp.*, *Arthrographis sp.*, *Trichoderma sp.*, *Absidia sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Epidermophyton floccosum*, *Microsporium audouinii*, *Trichophyton verrucosum* e *Trichophyton terrestre*, cuja soma é inferior a 15 UFC/m³. (O – Outono; I – Inverno; P – Primavera; V – Verão).

Atendendo aos critérios referidos na Nota Técnica (2009), todos os infantários cumpriram o que diz respeito à soma de colónias pertencentes a espécies não comuns (a soma de colónias de espécies que não pertencem aos géneros *Penicillium*, *Cladosporium* e *Alternaria* deverá ser inferior a 150 UFC/m³). Contudo, o infantário 8, na análise referente ao Verão, falhou o critério da quantidade de colónias de espécies não comuns isoladamente (o número de colónias pertencentes a espécies diferentes dos géneros *Penicillium*, *Cladosporium* e *Alternaria* deverá ser inferior a 50 UFC/m³), pois foi detectada a presença de *Aspergillus sp.* numa concentração de 135 UFC/m³. No infantário 3, durante o Outono e o Inverno ocorreu igualmente uma situação de relevância pela sua perigosidade, com a quantidade de *Mucor sp.* (outra espécie considerada como não comum pela Nota Técnica (2009)) perto de 50 UFC/m³ (41 UFC/m³ e 47 UFC/m³ no Outono e Inverno, respectivamente).

A presença de espécies pertencentes aos géneros *Aspergillus* e *Fusarium* (*A. niger*, *A. versicolor* e *F. moniliforme*) deverá igualmente ser alvo de especial atenção, pois estas espécies são consideradas perigosas para a saúde humana devido à sua toxicidade e patogenicidade.

Foram ainda detectadas espécies fúngicas que revelaram um comportamento de exclusividade acerca da sua localização: no caso do *Fusarium moniliforme*, nos infantários em que foi identificado (infantários 1 a 4, 8, 9 e 11), esta espécie foi praticamente exclusiva do exterior dos edifícios (apenas no infantário 2 foi detectada no interior); em relação à espécie *Mucor sp.*, excluindo o infantário 4 onde foi identificada no exterior, nos infantários 1 a 3 e 5 a 8 foi exclusivamente encontrada no interior dos edifícios. Estas observações permitem inferir acerca da principal fonte destas espécies, em que no caso do *F. moniliforme* a sua origem será o exterior dos edifícios e na situação do *Mucor sp.* a sua origem será alguma fonte no interior dos infantários.

B.3 Conclusões

Neste estudo, foram analisados onze infantários da Região Autónoma da Madeira, no que diz respeito à Qualidade do Ar Interior. Verificou-se a existência de um sério problema de renovação de ar, uma vez que na maioria dos casos com crianças na sala, foram encontradas concentrações de CO₂ superiores a 1800 mg/m³ (VMR); esta situação torna-se ainda mais gravosa se se tomar atenção à quantidade de bactérias totais. As quantidades de fungos raramente excederam o valor de 500 UFC/m³, contudo foram detectadas algumas espécies perigosas para a saúde humana, algumas encontradas exclusivamente no interior das salas analisadas. Acerca dos outros parâmetros, na sua generalidade apresentaram-se em quantidades inferiores aos respectivos VMR: a excepção foi o formaldeído que ultrapassou o seu VMR, bem como os dados de

temperatura e humidade relativa que apresentaram valores fora das respectivas escalas de referência.

Não foram encontradas diferenças entre os onze infantários no que diz respeito à sua localização pela Ilha da Madeira (costa Norte ou Sul, ou ainda ambiente rural ou urbano), na maioria dos parâmetros analisados: as exceções foram a temperatura e a humidade relativa.

Em relação às estações do ano, verificou-se a sua influência nas concentrações bacterianas totais, bem como nas concentrações de CO₂ e CO e nos valores de temperatura e humidade relativa.

Parte C

*Estudo de Compostos Orgânicos Voláteis em Dois Infantários da
Região Autónoma da Madeira*

C. Estudo de Compostos Orgânicos Voláteis em Dois Infantários da Região Autónoma da Madeira

C.1 Materiais e Métodos

C.1.1 Locais de recolha

Foram seleccionados dois infantários na Região Autónoma da Madeira, Portugal, um na costa Norte (N) e o outro na costa Sul (S). Em cada um foram analisadas duas salas, designadas de N1 e N2 para o infantário do Norte e de S1 e S2 para o infantário do Sul, para além do exterior. A sala N1 apresentou-se com um máximo de quinze crianças, com cerca de dois anos, e três adultos; está situada no rés-do-chão do infantário, tem uma área de cerca de 40-45 m², com uma porta para o interior do edifício e três janelas para o exterior. Na sala N2, foi encontrado um máximo de nove crianças, com cerca de um ano de idade, e três adultos; esta sala situa-se no rés-do-chão do edifício, tem uma área de cerca de 20 m², com uma porta para o interior do infantário, outra porta para uma sala anexada (berçário) e ainda outra porta para o exterior. Na sala S1 foi encontrado um máximo de vinte e quatro crianças, com idades entre um e dois anos, bem como três adultos; esta sala está localizada no primeiro andar do infantário, tem uma dimensão de cerca de 40 m², com uma porta para o interior do edifício e uma porta para cada berçário (dois) da sala, e ainda três janelas para o exterior. A sala S2 tinha um máximo de dezoito crianças, com menos de um ano de idade, e quatro adultos; este espaço localiza-se no primeiro andar do infantário, tem uma área de cerca de 30 m², com uma porta para o interior do edifício e uma porta para cada berçário (dois) da sala, bem como três janelas para o exterior. Todas as salas possuíam mobiliário de madeira, brinquedos de plástico e pinturas e colagens expostos nas paredes.

O estudo foi realizado durante seis meses, com a primeira amostragem em Janeiro, a segunda em Março e a terceira em Maio. A Tabela C1 mostra os valores de temperatura e de humidade relativa encontrados durante a amostragem activa no interior dos edifícios. São igualmente apresentados os valores médios, obtidos por uma estação meteorológica, para os dias de amostragem passiva, em todas as campanhas realizadas em ambos os infantários.

Tabela C1. Dados de Temperatura e Humidade Relativa verificados em ambos os infantários, durante as amostragens.

Ponto de Recolha	Recolha	T°C	HR%	Ponto de Recolha	Recolha	T°C	HR%
N1 ¹	Janeiro	20,5	77,7	S1 ¹	Janeiro	21,6	67,5
	Março	21,2	69,5		Março	21,9	73,1
	Maio	20,8	84,8		Maio	23,3	63,8
N2 ¹	Janeiro	20,2	81,6	S2 ¹	Janeiro	22,1	66,4
	Março	20,4	84,0		Março	21,4	74,6
	Maio	22,8	75,0		Maio	22,4	77,0
Exterior do Inf. do Norte ¹	Janeiro	17,6	71,1	Exterior do Inf. do Sul ¹	Janeiro	20,0	49,3
	Março	17,9	62,2		Março	21,7	71,4
	Maio	18,5	68,7		Maio	23,1	62,0
Exterior do Inf. do Norte ²	Janeiro	17,6	73,0	Exterior do Inf. do Sul ²	Janeiro	15,3	63,4
	Março	17,2	76,2		Março	17,0	69,6
	Maio	17,8	65,6		Maio	17,8	66,2

¹Dados do primeiro dia de amostragens passivas (que ocorreu no mesmo dia que a amostragem activa), medido nas respectivas salas de cada infantário e no exterior, com a sonda Direct Sense™ IAQ PPC (IQ-610).

²Dados médios de todos os dias da amostragem passiva, valores obtidos no Aeroporto do Funchal (Weather Underground).

C.1.2 Análise dos Compostos Orgânicos Voláteis

A amostragem de COVI foi realizada utilizando tubos sorbentes Tenax TA. A amostragem activa foi executada com a utilização de uma bomba (SKC 224 PCEX4 (modelo intermédio)). O ar foi recolhido, durante 30 minutos, com um fluxo de ar de 0,12 L/min. A amostragem passiva foi efectuada mantendo os tubos abertos, em ambas as salas e no exterior dos edifícios, durante 5 dias. Na segunda campanha de amostragem (Março), no infantário do Sul, foi implementado um tipo de amostragem adicional, a amostragem diurna, onde os tubos adsorbentes foram abertos pela manhã e fechados ao fim do dia (pelos funcionários do infantários), para além da recolha efectuada por amostragem passiva normal, durante os mesmos 15 dias. Todas as recolhas por amostragem activa foram realizadas a uma altura correspondente à zona de respiração das crianças (a cerca de 70 cm do chão) e no centro da sala (ECA, 1994).

Após a recolha, os tubos Tenax foram imediatamente fechados e os COV analisados. Um Sistema de Desadsorção Térmica (TDS) (com o modelo Dani SDT 33.50), em linha com um Cromatógrafo Gasoso (GC) (Agilent Technologies, modelo 6890N) acoplado a um Detector de Massa Selectivo (MSD) foi utilizado para a identificação de COV e respectiva quantificação. As condições de funcionamento foram as seguintes: no TDS, a temperatura de desadsorção foi 260°C e a pré-concentração foi efectuada a -35°C, cada um destes procedimentos durante 10

minutos, com um fluxo de 10 mL/min; a injeção foi realizada a 300°C, durante 5 minutos, com um fluxo de 10 mL/min; o *backflush* foi desenvolvido a 320°C, durante 25 minutos, com um fluxo de 2 mL/min. No GC, o injetor apresentou-se com um rácio de *split* de 1:54,4, a 250°C. A temperatura do forno foi, inicialmente, de 40°C durante 5 minutos, depois aumentou 6°C/min, durante 40 minutos, estabilizando a 280°C durante 5 minutos. O MSD operou a 280°C.

Para a quantificação, foi aplicado o factor de resposta do tolueno. O procedimento analítico foi realizado de acordo com o padrão ISO 16000-6.

Os cálculos da concentração de COV na amostragem passiva foram efectuados de acordo com a norma ISO 16017-2, utilizando valores calculados de Taxas de Absorção de diferentes compostos. Assim, a partir da geometria dos tubos é possível calcular a Taxa de Absorção ideal:

$$F(\text{cm}^3 \text{min}^{-1}) = A(\text{cm}^2) \times D(\text{m}^2 \text{s}^{-1}) \times 10^4 \times 60/L(\text{cm}) \quad (1)$$

Para os tubos Dani utilizados neste estudo, A tem um valor de 0,128 cm² e L um valor de 0,7 cm.

Acerca dos compostos presentes em elevadas concentrações (heptano, tolueno, xileno, 2-etil-1-hexanol, limoneno, nonanal, decanal e TXIB) foram usadas as Taxas de Absorção calculadas para o composto específico, utilizando os valores estimados do Coeficiente de Difusão do composto no ar (D_{ar}), de acordo com a EPA:

$$D_{ar} = \frac{0.001 \times T^{\frac{3}{2}} \times M_r^{\frac{1}{2}}}{P \times \left(V_a^{\frac{1}{3}} + V_b^{\frac{1}{3}} \right)^2} \quad (\text{cm}^2/\text{s}) \quad (2)$$

Onde: T é a temperatura (K); $M_r = \frac{M_a + M_b}{M_a \times M_b}$ (M_a é o peso molecular do ar (28,97 g/mol); M_b é o peso molecular do composto de interesse); P é a pressão atmosférica (atm); V_a é o volume molar do ar (20,1 cm³/mol); V_b é o volume molar do composto de interesse. Os valores de T e P utilizados corresponderam às médias obtidas na estação meteorológica para os dias de amostragem referidos em cima – 16,93°C (290,08 K) e 1,006432 atm, respectivamente.

Atendendo aos outros compostos, foi utilizada a Taxa de Absorção média, considerando COV com diferentes volatilidades (heptano, tolueno, xileno, 2-etil-1-hexanol, limoneno, nonanal, decanal, TXIB, octano, etilbenzeno, decano e dodecano); este valor foi calculado da mesma forma que para os compostos anteriores.

De acordo com Brown *et al.* (1993), a Taxa de Absorção ideal diminui com o tempo de exposição: é esperado que a Taxa de Absorção seja 71% da ideal após 7 dias de

exposição e 54% após 28 dias. Assim, no primeiro caso foi aplicada uma diminuição de 29%, obtendo-se o valor de 0,48 cm²/min (para a Taxa de Absorção média). No caso da amostragem passiva desenvolvida no infantário do Sul em Março, onde o período de recolha foi estendido por duas semanas, foi considerada uma diminuição de 39% (correspondendo a 61% do valor inicial ideal) (Tabela C2).

Tabela C2. Valores de Taxas de Absorção encontradas para os compostos individuais e para o valor médio.

	Ideal (cm ² min ⁻¹)	Recolhas de Janeiro e Maio (7 dias – 71% da ideal) (cm ² min ⁻¹)	Recolha de Março (15 dias – 61% da ideal) (cm ² min ⁻¹)
Tolueno	0,85	0,60	0,52
Xileno	0,79	0,56	0,48
Heptano	0,73	0,52	0,45
2-etil-1-hexanol	0,69	0,49	0,42
Limoneno	0,68	0,48	0,42
Nonanal	0,66	0,47	0,40
Decanal	0,63	0,45	0,38
TXIB	0,48	0,34	0,30
Taxa de Absorção média ¹	0,68	0,48	0,42

¹para este valor contribuíram as Taxas de Absorção dos compostos heptano, tolueno, xileno, 2-etil-1-hexanol, limoneno, nonanal, decanal, TXIB, octano, etilbenzeno, decano e dodecano.

C.2 Resultados e Discussão

C.2.1 Infantário do Norte

A Figura C1 mostra todos os resultados de COVT obtidos nas três recolhas efectuadas no infantário do Norte, com as duas formas de amostragem. Pode-se verificar que não existe uma tendência: nas recolhas de Janeiro e Maio foi detectada uma maior quantidade de COVT com a amostragem activa, em ambas as salas. Na recolha de Março, cada espaço interior representou uma situação, na qual a sala N1 revelou a detecção de maior quantidade de COVT com a amostragem activa e na sala N2 foram encontradas maiores quantidades destes compostos com o método passivo. No que diz respeito ao exterior, todas as análises realizadas com a amostragem passiva revelaram maiores quantidades de COVT do que as análises efectuadas passivamente.

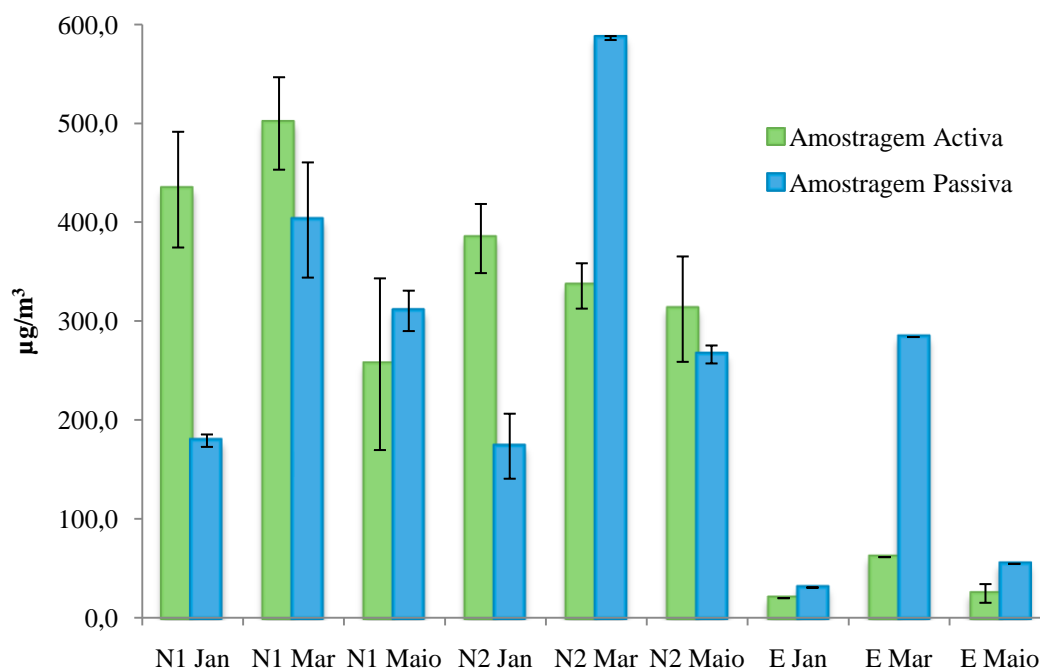


Figura C1. Valores de COVT obtidos em todas as recolhas efectuadas no infantário do Norte. As barras de erro correspondem ao desvio padrão.

Esta situação ocorreu devido às actividades realizadas ou não antes e/ou durante o procedimento de recolha, uma vez que se sabe que a realização de actividades como colagens, pinturas e mesmo limpezas antes ou durante a recolha activa irá se reflectir em tais resultados, pois este tipo de análise actua como um *flash* instantâneo (está relacionado com as emissões de COV periódicas) (ECA, 1994), enquanto a amostragem passiva é útil para estudar as quantidades de COV médias, emitidas por actividades e objectos durante um determinado período de tempo (ECA, 1994).

Atendendo à prevalência de famílias de compostos (Figura C2 e Tabela C3), pode-se verificar que existe uma predominância entre as salas, quando são comparadas em termos de forma de amostragem: em ambos os espaços interiores, a família predominante nas três recolhas efectuadas ao longo do estudo foi a correspondente aos terpenos; os hidrocarbonetos aromáticos foram os COV mais comumente encontrados com a amostragem passiva em todas as recolhas, apesar da sua presença ser mais notada na recolha de Março (sem contar com a família “outras” – que inclui álcoois, eterglicóis, ácidos – que é a mais comum nas recolhas de Janeiro e Março, e a segunda mais comum nas análises de Março, com ambos os tipos de amostragem, activa e passiva).

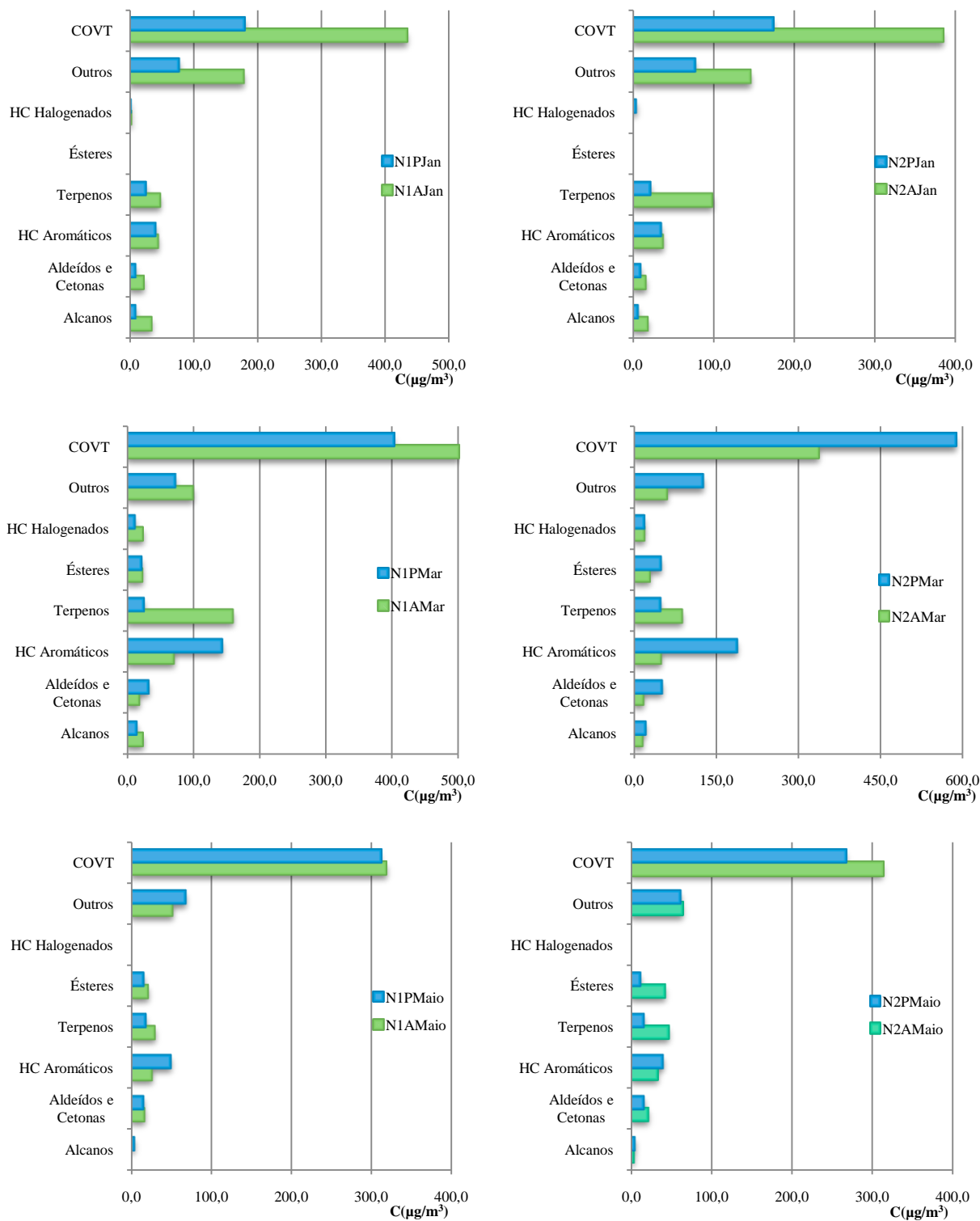


Figura C2. Famílias de compostos encontradas no infantário do Norte durante as três recolhas com ambos os métodos de amostragem.

Tabela C3. Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtidas em cada análise realizada no interior do infantário do Norte. (A – Amostragem Activa; P – Amostragem Passiva; nd – Compostos não detectados; HC – Hidrocarbonetos).

Ponto de Recolha	N1						N2						Exterior					
	Janeiro		Março		Maio		Janeiro		Março		Maio		Janeiro		Março		Maio	
Campanha	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P
Tipo de Amostragem	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P
Alcanos	33,88	9,04	23,69	14,37	nd	3,64	18,82	6,53	14,81	20,52	3,22	4,75	nd	1,55	4,56	5,39	nd	nd
Aldeídos e Cetonas	21,68	8,75	18,00	32,05	18,93	15,01	16,18	9,82	16,59	50,64	20,73	16,05	5,63	7,74	10,54	108,28	6,97	19,26
HC Aromáticos	44,30	40,22	70,39	143,04	23,45	49,18	37,39	35,19	48,78	187,51	32,39	39,61	5,22	10,22	27,13	16,29	3,96	1,41
Terpenos	47,51	25,07	159,25	25,08	26,65	17,81	98,57	22,03	86,97	47,75	45,51	15,80	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ésteres	nd	nd	22,76	21,65	21,10	15,44	nd	nd	28,18	48,49	41,19	11,58	nd	nd	1,36	nd	nd	nd
HC Halogenados	2,38	1,47	23,69	11,54	nd	nd	nd	4,36	18,40	18,20	nd	nd	nd	nd	nd	9,29	nd	nd
Outros	178,04	76,65	99,20	72,39	50,40	67,66	145,75	77,10	59,69	125,42	62,61	61,39	0,96	0,9	4,85	33,64	2,74	5,01
COVT	433,1	179,2	500,0	402,4	317,9	310,4	383,6	173,6	335,7	586,4	312,2	266,4	19,9	30,6	61,4	284,0	24,6	54,6

Sabendo que os terpenos são maioritariamente emitidos a partir de produtos de consumo e comerciais (Jones, 1999), pode-se assumir que, com a amostragem activa foram detectados os compostos emitidos pelos produtos utilizados nas actividades de limpeza, realizadas anteriormente, que estavam presentes no ar no momento da análise. As principais fontes dos hidrocarbonetos (HC) aromáticos são tintas, colas, peças de mobiliário e vestuário e materiais do próprio edifício (Jones, 1999). Alguns picos de emissão de HC Aromáticos devem ter ocorrido durante a semana após a recolha com a amostragem activa, pois foram obtidas maiores quantidades médias de compostos desta família com o recurso à amostragem passiva, possivelmente através do desenvolvimento de actividades como pinturas e colagens. Neste caso, a amostragem passiva providenciou mais informação do que a amostragem activa, no que concerne ao tipo de COV a que as crianças estão expostas durante a sua estadia no infantário ao longo do dia, apesar de não ser possível identificar a hora do dia em que ocorre o pico de concentração de COV emitidos para o ar.

Contudo, se se quiser comparar apenas os COVT, é possível verificar que foram obtidos valores da mesma ordem de magnitude, com um valor de correlação de cerca de 0,530 (Fig. C3).

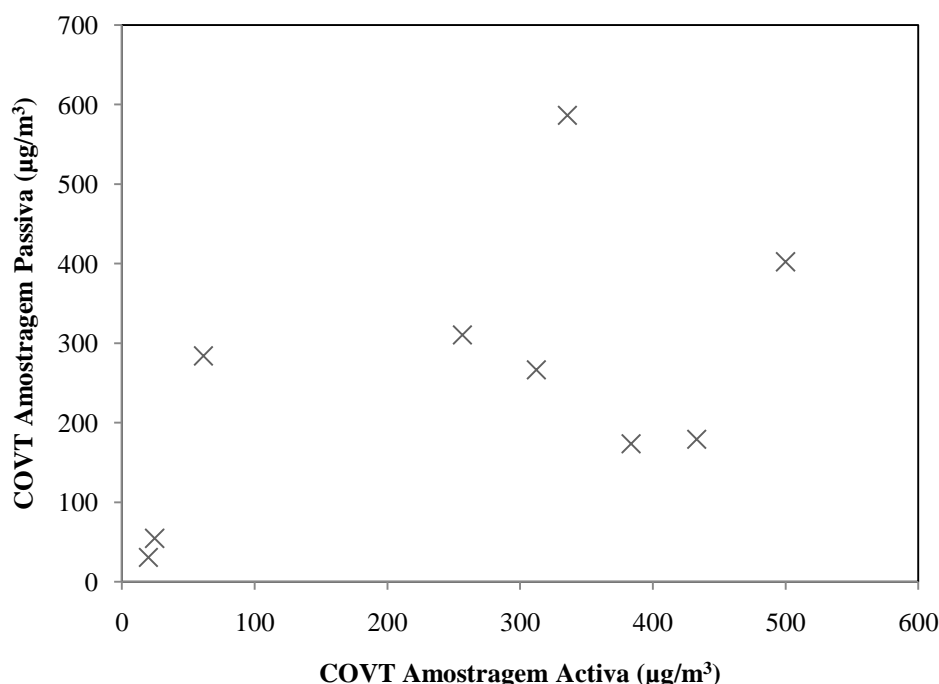


Figura C3. Gráfico de correlação entre os dois tipos de amostragens no infantário do Norte. (correlação de 0,5300).

C.2.2 Infantário do Sul

Ao analisar a Figura C4, que mostra os valores de COVT obtidos no infantário da costa Sul da Ilha da Madeira, pode-se verificar a existência de algumas flutuações entre os valores

obtidos por amostragem activa ou passiva, contudo, está claro que na recolha efectuada em Janeiro em ambas as salas e nas análises de Março e Maio no exterior foram detectadas maiores quantidades de COVT com a amostragem activa, quando comparado com as quantidades obtidas com a amostragem passiva. Na recolha de Maio em ambas as salas e na análise de Janeiro no exterior foram encontrados níveis mais elevados de COVT com a amostragem passiva. Nas análises desenvolvidas em Março no interior do infantário, apesar dos valores obtidos com a amostragem activa serem ligeiramente superiores aos verificados com a amostragem passiva, não são significativamente superiores.

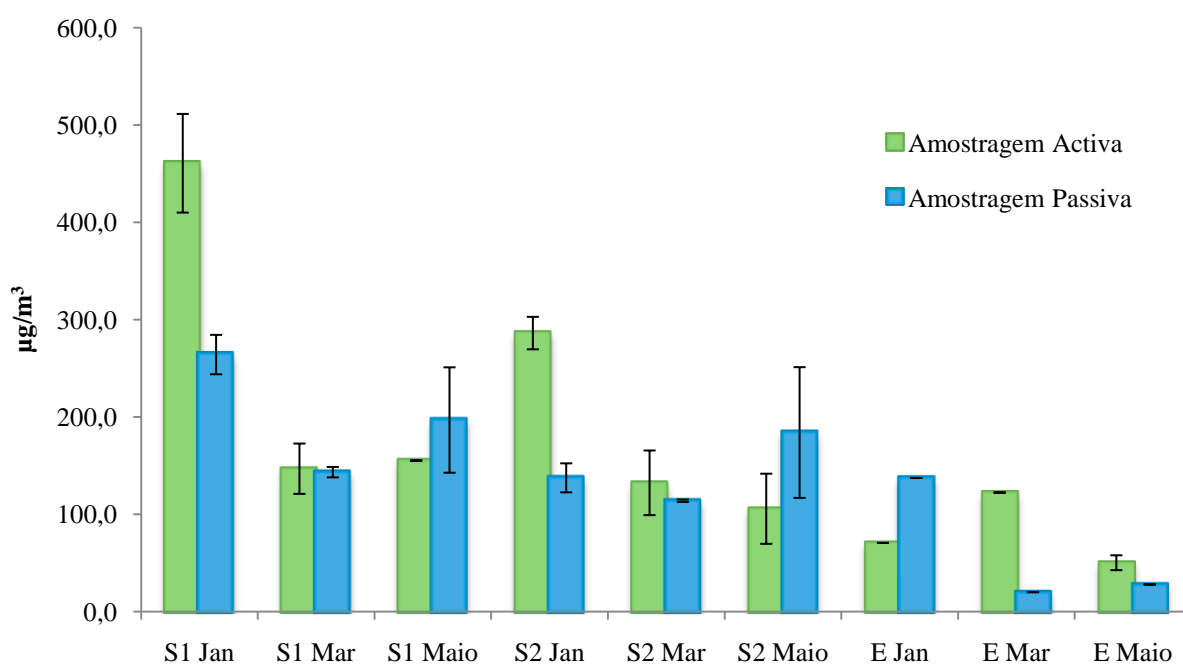


Figura C4. Valores de COVT obtidos em todas as recolhas efectuada no infantário do Sul. As barras de erro correspondem ao desvio padrão.

As famílias de compostos mais comumente encontradas por amostragem activa foram a que respeita aos terpenos na sala S1 e aos hidrocarbonetos aromáticos na sala S2 durante a recolha de Janeiro e aos aldeídos e cetonas durante as análises de Março e Maio. O tipo de COV detectado em Janeiro é maioritariamente emitido por produtos de limpeza, o que revela que a amostragem activa foi desenvolvida após a utilização de tais produtos. Acerca das restantes recolhas, uma vez que os aldeídos e cetonas provêm de várias fontes, verificou-se que, apesar da utilização de produtos de limpeza antes do procedimento de recolha de COV, foram realizados outros tipos de actividades, como pinturas e colagens, igualmente antes das análises. Estas famílias (terpenos, hidrocarbonetos aromáticos, aldeídos e cetonas) foram igualmente as mais comuns quando a recolha foi efectuada com o recurso à amostragem passiva. No que respeita às

famílias com maiores diferenças entre a amostragem activa e a passiva, em Janeiro foi a que engloba os terpenos, seguida dos hidrocarbonetos halogenados na sala S1 e alcanos na sala S2; na última recolha, os terpenos foram a família onde foram encontradas as maiores diferenças entre as recolhas desenvolvidas com a amostragem activa e a passiva na sala S1, sendo a família de alcanos a que apresenta maiores diferenças na sala S2 (Fig. C5 e Tabela C4).

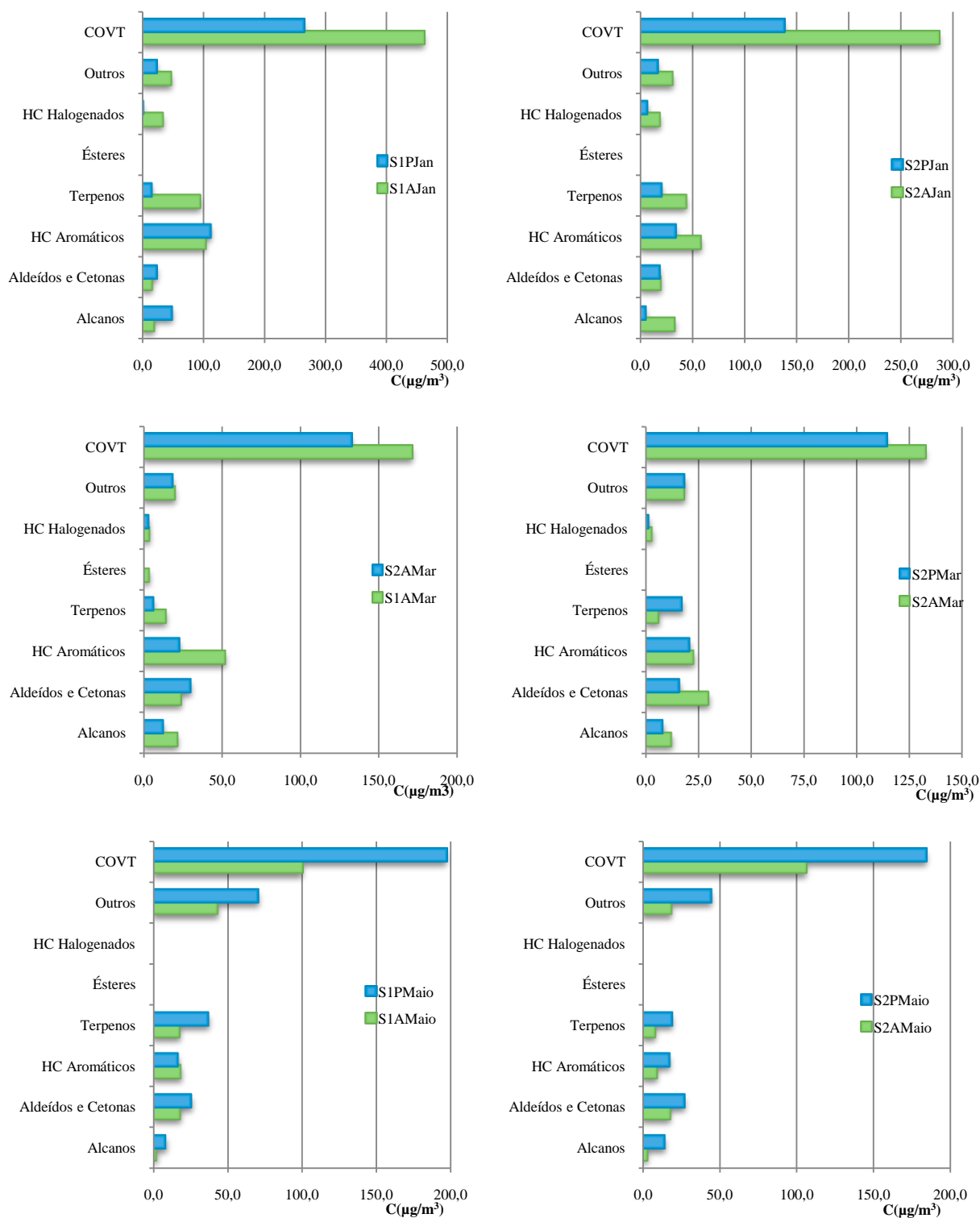


Figura C5. Famílias de compostos encontradas no interior do infantário do Sul.

Tabela C4. Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtidas em cada análise realizada no interior do infantário do Sul. (A – Amostragem Activa; P – Amostragem Passiva; PD – Amostragem Passiva Diurna; nd – Compostos não detectados; HC – Hidrocarbonetos).

Ponto de Recolha	S1					S2					Exterior									
	Janeiro		Março			Maio		Janeiro		Março			Maio		Janeiro		Março			Maio
Campanha	A	P	A	P	PD	A	P	A	P	A	P	PD	A	P	A	P	A	P	A	P
Tipo de Amostragem	A	P	A	P	PD	A	P	A	P	A	P	PD	A	P	A	P	A	P	A	P
Alcanos	19,43	48,75	21,42	9,11	31,25	2,28	8,57	33,10	5,20	12,29	8,24	16,98	2,96	14,30	2,92	5,26	33,80	0,65	nd	1,31
Aldeídos e cetonas	15,99	24,14	23,76	15,83	34,16	18,12	25,66	19,65	18,68	29,79	15,99	13,03	17,71	27,19	5,90	11,24	22,20	9,83	12,47	10,30
HC Aromáticos	103,43	111,74	27,59	28,93	66,29	18,51	16,82	58,05	34,11	22,68	20,83	18,58	9,18	17,45	42,77	37,88	39,34	7,99	16,00	11,73
Terpenos	94,70	15,56	14,07	22,22	23,18	17,66	37,14	44,07	20,46	6,20	17,32	11,27	7,98	19,10	1,47	18,30	1,73	nd	nd	nd
Ésteres	nd	nd	1,71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HC Halogenados	33,93	1,46	3,51	1,76	2,22	nd	nd	18,79	6,84	3,05	1,57	1,72	nd	nd	nd	nd	0,79	nd	nd	nd
Outros	47,26	23,80	19,81	29,62	56,70	43,01	70,61	31,11	16,86	18,34	18,54	9,45	18,48	44,43	2,06	57,56	4,10	0,29	1,50	nd
COVT	460,6	264,0	146,71	143,2	253,2	155,1	196,7	286,1	137,4	132,1	113,8	124,0	105,6	183,9	70,5	137,2	122,2	19,9	50,1	27,8

Com um valor de correlação de cerca de 0,661 (Fig. C6), as análises realizadas neste infantário revelaram que existe uma correspondência relativamente baixa entre os resultados obtidos com a amostragem activa e a passiva, contudo, os valores obtidos são da mesma ordem de magnitude. Os dados recolhidos mostram que a amostragem passiva é um procedimento adequado para estimar a quantidade de COVT presente no ar interior.

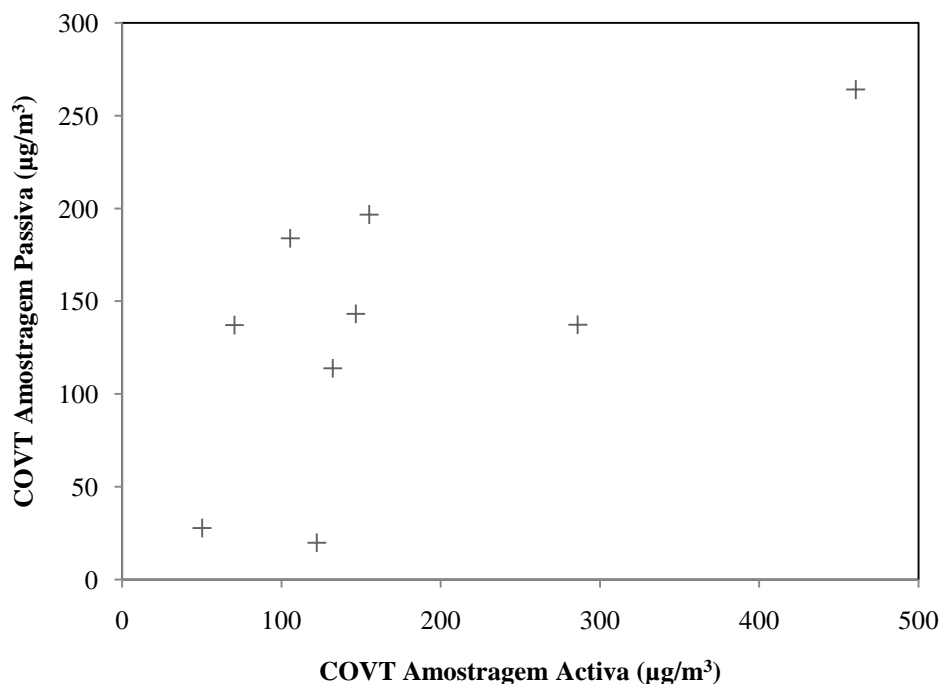


Figura C6. Gráfico de correlação entre os dois tipos de amostragens no infantário do Sul. (correlação de 0,661).

Os resultados obtidos com a amostragem passiva diurna realizada em Março (Fig. C7) revelaram valores mais elevados de COVT, em geral, comparativamente à amostragem passiva normal. Este comportamento é o esperado, uma vez que, durante a noite e fim-de-semana, a quantidade de COVs presentes no ar diminui, pelo que os tubos que permaneceram abertos durante estes períodos (amostragem passiva normal) apenas recolheram COV com uma emissão constante (mas fraca) de fontes como objectos deixados dentro das salas e do próprio edifício, o que contribui para a diluição dos COV recolhidos durante o dia. Quando, pela manhã, os tubos da amostragem passiva diurna foram abertos, com estes foram detectadas as grandes quantidades de compostos emitidos pelas operações de limpeza que estavam a decorrer naquela altura do dia e aqueles compostos acumulados dentro do edifício (apesar de poucos) durante a noite, quando o infantário esteve fechado. Assim, este tipo de amostragem passiva detecta apenas os COVs emitidos durante o horário de funcionamento do infantário, bem como aqueles acumulados durante a noite, constituindo, deste modo, uma boa abordagem na análise dos COV presentes no infantário durante a estadia das crianças.

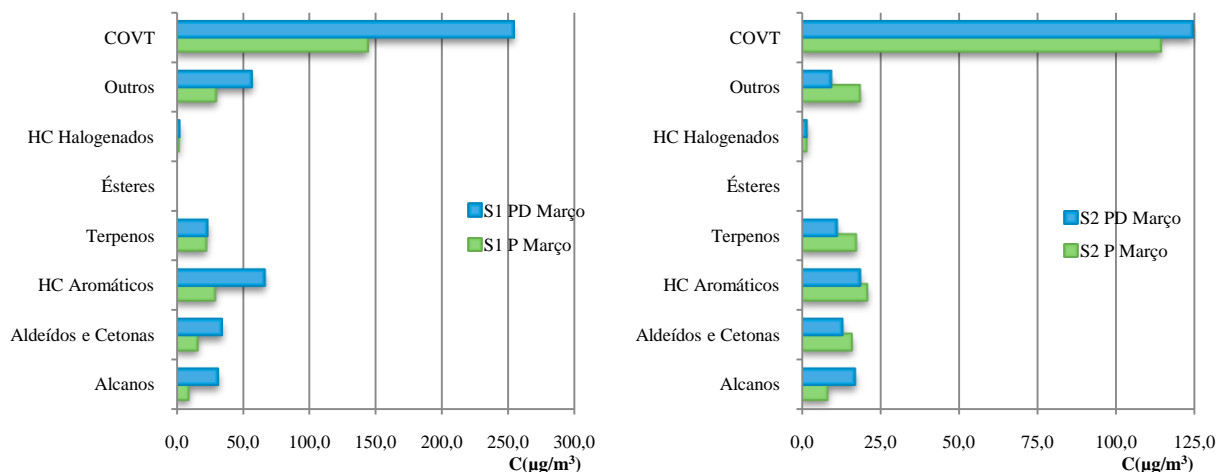


Figura C7. Famílias de compostos encontradas no interior do infantário do Sul, com a amostragem passiva diurna.

C.3 Conclusões

As análises realizadas em ambos os infantários mostraram a ausência de uma tendência entre os métodos de recolha utilizados, acerca da quantidade de COVT detectados no ar interior dos edifícios: por vezes, foram obtidos maiores valores com a amostragem activa enquanto outras vezes as quantidades mais elevadas eram obtidas com o recurso à amostragem passiva. Este comportamento é influenciado pela presença ou inexistência de actividades/objectos que possam emitir COV, imediatamente antes ou durante a recolha. Verificou-se que o infantário situado na costa Norte apresentou maiores quantidades de COVT do que o infantário localizado na costa Sul da Ilha da Madeira, o que é reflexo das actividades realizadas em cada infantário, no período das recolhas. Assim, ambos os métodos são uma boa abordagem para o estudo dos COV, dependendo do objectivo da recolha: se for necessária a obtenção de dados como um *flash* instantâneo, a utilização da amostragem activa é aconselhada. Se forem requeridos dados médios de um determinado período de tempo, o emprego da amostragem passiva será a melhor escolha.

Parte D

Bibliografia

D. Bibliografia

- Agência Portuguesa do Ambiente, “Qualidade do Ar em Espaços Interiores, Um Guia Técnico”. (2009), *Agência Portuguesa do Ambiente*, Amadora.
- Akland, G.G., Hartwell, T.D., Johnson, T.R., Whitmore, R.W., “Measuring human exposure to carbon monoxide in Washington, D.C., and Denver, Colorado, during the winter of 1982-1983”. (1985), *Environmental Science and Technology*, 19(10): 911-918.
- Altshuller, A.P., “Estimation of the natural background of ozone present at surface rural location”. (1987), *J. Air Pollut. Control Assoc.* 37: 1409–1417.
- Anderson, I., Lundquist, G.R., Molhave, L., “Indoor air pollution due to chipboard used as a construction material”. (1975), *Atmospheric Environment* 9: 1121-1127.
- Arashidani, K., Yoshikawa, M., Kawamoto, T., Matsuno, K., Kayama, F., Kodama, Y., “Indoor pollution from heating”. (1996), *Industrial Health*, 34(3): 205-215.
- Ayoko, G.A., “Volatile Organic Compounds in Indoor Environments”. (2004), *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 4, Parte F, 1-35.
- Bates, J.M., Mahaffy, D.J., “Relationships of reported allergy symptoms, relative humidity and airborne biologicals in thirteen Florida classrooms”. (1996), *Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Nagoya, Japão, 1: 551-556.
- Baughman, A.V., Arens, E.A., “Indoor Humidity and Human Health Part I – Literature Review of Health Effects of Humidity-Influenced Indoor Pollutants”. (1996), *ASHRAE Transactions*, 102(1): 193-211.
- Bernstein, J.A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A., Tarlo, S.M., “The health effects of nonindustrial indoor air pollution”. (2008), *J Allergy Clin Immunol*, 121: 585-591.
- Black, J.G., “Microbiology, Principles and Explorations”. (2002), *John Wiley & Sons, Inc*, 5ª edição, Estados Unidos da América.
- Brennan, T., Clarkin, M., Turner, W., Fisher, G., Thompson, R., “School buildings with air exchange rates that do not meet minimum professional guidelines or codes and implications for radon control.”. (1991), *Proceedings of ASHRAE IAQ 91 Healthy Buildings*, Atlanta, GA, ASHRAE, 228-229.
- Breysse, P.A., “Formaldehyde levels and accompanying symptoms associated with individuals residing in over 1000 conventional and mobile homes in the state of Washington”. (1984), *Indoor Air* 3: 403-408.

- Breyse, P.N., Buckley, T.J., Williams, D.A., Beck, C.M., Jo, S.-J., Merriman, B., Kanchanaraksa, S., Swartz, L.J., Callahan, K.A., Butz, A.M., Rand, C.S., Diette, G.B., Krishnan, J.A., Moseley, A.M., Curtin-Brosnan, J., Durkin, N.B., Eggleston, P.A., “Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore”. (2005), *Environmental Research*, 98: 167-176.
- British Tunneling Society, “Occupational Exposure to Nitrogen Monoxide in a Tunnel Environment, Best practice guide”. (2008), 1ª edição.
- Bromberg, P.A., Koren, H.S., “Ozone-induced human respiratory dysfunction and disease”. (1995), *Toxicology Letters*, 82/83: 307-316.
- Brown, S.K., Sim, M.R., Abramson, N.J., Gray, C.N., “Concentrations of volatile organic compounds in indoor air – a review”. (1994), *Indoor Air* 4(1): 123-134.
- Campos, L.S. “Entender a Bioquímica”. (2005), *Escolar Editora*, 4ª edição, Lisboa.
- Cavallo, D., Alcini, D., de Bortoli, M., Carrettoni, D., Carrer, P., Bersani, M., Maroni, M., “Chemical contamination of indoor air in schools and office buildings in Milan, Italy.”. (1993) *Proceedings of Indoor Air '93: The 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Helsinquia, Finlandia, Vol. 2, 45-49.
- Chalaloukou, A., Mavroidis, I., “Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model”. (2002), *Atmospheric Environment*, 36: 1769-1781.
- Chang, R., “Química”. (2005), *McGraw Hill*, 8ª edição, Madrid.
- Chang, C., Gershwin, M.E., “Indoor Air Quality and Human Health”. (2004), *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 27: 219-239.
- Christia-Lotter, A., Bartoli, C., Piercecchi-Marti, M.-D., Demory, D., Pelissier-Alicot, A.-L., Sanvoisin, A., Leonetti, G., “Fatal occupational inhalation of hydrogen sulfide”. (2007), *Forensic Science International*, 169: 206-209.
- Cousins, D.M. and Collett, C.W., “Indoor air quality in 12 schools: A case study”. (1989), *Proceedings of ASHRAE Conference IAQ'87, The Human Equation: Health and Comfort*, 104-108
- Cueto, R., Pryor, W.A. “Cigarette smoke chemistry: conversion of nitric oxide to nitrogen dioxide and reaction of nitrogen oxides with others smoke components as studied by Fourier transformed infrared spectrometry”. (1994), *Vibrational Spectroscopy*, 7(1): 97-111.
- Daisey, J.M., Angell, W.J., Apte, M.G., “Indoor Air Quality, ventilation and health symptoms in Schools: an analysis of existing information”. (2003), *Indoor Air*, 13(1): 53-64.

- Doctor Fungus, “Descriptions”. Disponível em: <http://www.doctorfungus.org/thefungi/Description_index.htm>. Acedido a: 26 de Setembro, 2010.
- Dotterud, L.K., Vorland, L.H., Falk, E.S., “Viable fungi in indoor air in homes and schools in the Sor-Varanger community during winter”. (1995), *Paediatric Allergy and Immunology*, 6(4): 181-186.
- Environmental Protection Agency, “An introduction to indoor air quality – Nitrogen Dioxide (NO₂)”. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/no2.html>>. Acedido a: 20 de Julho, 2010.
- Environmental Protection Agency, “Building Air Quality: A Guide for Building Owners and Facility Managers”. (1991), EPA.
- Environmental Protection Agency, “Particulate Matter (PM) Research”. Disponível em: <<http://epa.gov/airscience/quick-finder/particulate-matter.htm>>. Acedido a: 24 de Agosto, 2010.
- Environmental Protection Agency, “The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality” Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidest.html>>. Acedido a: 12 de Fevereiro, 2010.
- Etzel, R.A., “Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children”. (2007) *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 210, 611-616.
- European Collaborative Action, “Sampling strategies for volatile organic compounds (VOCs) in indoor air”. (1994), Commission of the European Communities, Brussels, Luxemburg.
- European Collaborative Action, “Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations”. (1997), Report n° 19, EUR 17675EN. Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.
- European Collaborative Action, “Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy”. (2003), Report n° 23, EUR 20741EN, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.
- Evans, G.W., “Environmental Stress”. (1982), *Cambridge University Press*, 1ª edição, Estados Unidos da América.
- Ferreira, W.F.C., Sousa, J.C.F., “Microbiologia”. (2000), Volume 2, *Lidel*.
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B., Rüden, H., “Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area”. (2007), *Atmospheric Environment*, 41: 854-866.
- Garrett, M.H., Hooper, M.A., Hooper, B.M., Rayment, P.R., Abramson, M. J., “Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes”. (1999), *Allergy*, 54: 330-337.
- GrayWolf Sensing Solutions, “DirectSense® Product Line”. Disponível em: <<http://www.wolfsense.com/brochures.html>>. Acedido a: 31 de Agosto, 2010.

- Guidotti, T.L. "Hydrogen Sulphide". (1996), *Occupational Medicine*, 46(5): 367-371.
- Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Li, W.M., "Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments". (2004), *Environmental Research*, 94: 57-66.
- Hawthorne, B.T., Tsao, P.H., "Effects of separation of spores from the chain and of culture age on germination of Chlamydo spores of *Thielaviopsis basicola*". (1970), *Phytopathology*, 60: 891-895.
- Hendry, K.M., Cole, E.C., "A review of mycotoxins in indoor air". (1993), *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 38(2): 183-198.
- Howden-Chapman, P., Isaacs, N., Crane, J., Chapman, R., "Housing and health: the relationship between research and policy". (1996), *International Journal of Environmental Health Research*, 6(2): 173-185.
- Hunter, C.A., Hull, A.V., Higham, D.F., Grimes, C.P., Lea, R.G., "Fungi and bacteria". In: Berry, R.W., Brown, V.M., Coward, S.K.D. et al. (Eds.), "Indoor Air Quality in Homes, the Building Research Establishment Indoor Environment Study, part 1". (1996), *Construction Research Communications*, Londres.
- Inserra, S.G., Phifer, B.L., Anger, W.K., Lewin, M., Hilsdon, R., White, M.C., "Neurobehavioral evaluation for a community with chronic exposure to hydrogen sulfide gas". (2004), *Environmental Research*, 95: 53-61.
- Jones, A.P., "Indoor air quality and health". (1999), *Atmospheric Environment*, 33: 4535-4564.
- Junqueira, L.C., Carneiro, J., "Histologia Básica, texto e atlas". (2004), *Editora Guanabara Koogan S.A.*, 10ª edição, Rio de Janeiro.
- Kalabokas, P. D., Hatzianestis, J., Bartzis, J. G. Papagiannakopoulos, P., "Atmospheric concentrations of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery". (2001) *Atmospheric Environment*, 35(14), 2545–2555.
- Kern, M.E., Blevins, K.S., "Medical Mycology, A Self-Instructional Text". (1997), *F. A. Davis Company*, 2ª edição, Filadélfia.
- Kobayashi, K., Tsuchida, E., Horinouchi, H., "Artificial Oxygen Carrier: Its front line". (2005), *Keio University International Symposia for Life Sciences and Medicine*, Vol. 12.
- Kulkarni, N., Grigg, J., "Effect of air pollution on children". (2008). *Paediatrics and Child Health*, 18:5, 238-243.
- Kumar, A., Viden, I., "Volatile Organic Compounds: Sampling methods and their worldwide profile in Ambient Air". (2007), *Environ Monit Assess*, 131: 301-321.
- Lambert, T.W., Goodwin, V.M., Stefani, D., Strosher, L., "Hydrogen sulfide (H₂S) and sour gas effects on the eye". (2006), *Science of the Total Environment*, 367: 1-22.

- Lambert, W.E., Samet, J.M., Hunt, W.C., Skipper, B.J., Schwab, M., Spengler, J.D., “Nitrogen dioxide and respiratory illness in infants – part II: assessment of exposure to nitrogen dioxide”. (1993a), (research report 58) *Health Effects Institute*, Cambridge, MA.
- Larone, D.H., “Medically Important Fungi, A Guide to Identification”. (2002), *ASM Press*, 4th edition, United States of America.
- Laurent, A.M., Person, A., Petit-Coviaux, F., Le Moullec, Y., Festy, B., “Chemical characterization of indoor air quality inside schools in Paris”. (1993), *Proceedings of Indoor Air '93: The 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Helsínquia, Finlandia, 3: 23-28.
- Leaderer, B.P., Stolwijk, J.A.J., Zgraniski, R.T., Qing-Shan, M., “A field study of indoor air contaminant levels associated with unvented combustion sources”. (1984), In: *Proceedings of the 77th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association*, San Francisco, CA.
- Madureira, J., Alvim-Ferraz, M.C.M., Rodrigues, S., Gonçalves, C., Azevedo, M.C., Pinto, E., Mayan, O., “Indoor Air Quality and Health Symptoms among Portuguese Teachers”. (2009), *Human and Ecological Risk Assessment*, 15: 159-169.
- Madureira, J., Rodrigues, S., Gonçalves, C., Azevedo, C., Alvim-Ferraz, C., Brás, C., Barros, N., Mayan, O., “Indoor Environment in Portuguese Schools: The Impact of Large Traffic Lines on Indoor Air Quality”. (2006), *Healthy Buildings*, 328.
- Minnesota Department of Health, “Carbon Dioxide (CO₂) in the Indoor Environment”. (2010).
- Møhlave, L., “Indoor air pollution due to building materials”. (1979), In: *Proceedings of the First International Indoor Climate Symposium*, Copenhaga, Dinamarca.
- Niemala, R., Vaino, H., “Formaldehyde exposure in work and the general environment”. (1985), *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 7(1): 95-100.
- Norback, D., “Subjective indoor air quality in schools - the influence of high room temperature, carpeting, fleecy wall materials and volatile organic compounds”. (1995), *Indoor Air*, 5: 237-246.
- Nota Técnica NT-SCE-02, “Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE”. (2009), *Certificação Energética e Ar Interior, Edifícios*.
- Occupational Safety & Health Administration, “Limits for Air Contaminants”. Disponível em: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992>. Acedido a: 5 de Agosto, 2010.
- Office of Environmental Health and Safety, “School Indoor Air Quality, Best Management Practices Manual”. (2003).

- Onions, A.H.S., Allsopp, D., Eggins, O.W., “Smith’s Introduction to Industrial Mycology”. (1981), *Edward Arnold*, 7^a edição, Londres.
- Pastuszka, J.S., Kyaw Tha Paw, U., Lis, D.O., Wlazlo, A., Ulfig, K., “Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland”. (2000), *Atmospheric Environment* 34, 3833-3842.
- PBI International, “SAS Super IAQ”. Disponível em: <<http://www.internationalpbi.it/docs/Minisiti/SAS/Vers.Inglese/sas-super-iaq.html>>. Acedido a: 26 de Agosto, 2010.
- Peterman, T.K., Jalongo, M.R., Lin, Q., “The effects of Molds and Fungi on young children’s health: families’ and educators’ roles in maintaining Indoor Air Quality”. (2002), *Early Childhood Education Journal*, 30(1): 21-26
- Pompei, R., Berlutti, F., Thaller, M.C., Ingianni, A., Satta, G., “A modified MacConkey medium which allows the recognition of Enterobacteriaceae from other Gram-negative bacteria on primary culture plates”. (1996), *Journal of Microbiological Methods*, 25: 271-278.
- PPM Technology, “Formaldemeter™ htV”. Disponível em: <<http://www.ppm-technology.com/formaldemeter%20htv.htm>>. Acedido a: 06 de Setembro, 2010.
- Prescher, K.E., Jander, K., “Formaldehyde in indoor air”. (1987), *Bundesgesundheitsblatt*, 30; 273-278.
- Prescott, L.M., Harley, J.P., Klein, D.A., “Microbiology”. (1999), *McGraw-Hill*, 4a edição, Estados Unidos da América.
- Raub, J.A., “Health effects of exposure to ambient carbon monoxide”. (1999), *Chemosphere: Global Change Science*, 1: 331-351.
- Richardson, D.R., Lok, H.C., “The nitric oxide–iron interplay in mammalian cells: Transport and storage of dinitrosyl iron complexes”. (2008), *Biochimica et Biophysica Acta*, 1780:638-651.
- Roth, D., Hubmann, N., Havel, C., Herkner, H., Schreiber, W., Laggner, A., “Victim of carbon monoxide poisoning identified by carbon monoxide oxymetry”. (2009) *Journal of Emergency Medicine*, doi:10.1016/j.jemermed.2009.05.017.
- Rubio, R., Santander, J., Fonseca, L., Sabaté, N., Gràcia, I., Cané, C., Udina, S., Marco, S., “Non-selective NDIR array for gas detection”. (2007), *Sensors and Actuators B*, 127: 69-73.
- Samet, J.M., Marbury, M.C., Spengler, J.D., “Health effects and sources of indoor air pollution: part 1”. (1987), *American Review of Respiratory Disorders*, 136(6): 1486-1508.

- Samson, R.A., Flannigan, B., Flannigan, M.E., Verhoeff, A.P., Adan, O.C.G., Hoekstra, E.S., “Health indicators of fungi in indoor environment”. (1994), In: *Air Quality Monographs*, Vol. 2. Elsevier, Amsterdão.
- Samúdio, M.J., Ventura Silva, G., Oliveira Fernandes, E., Guedes, J., Vasconcelos, M.T.S.D., “A Detailed Indoor Air Study in a School of Porto”. (2006), *Proceedings of Healthy Buildings*, 345-349.
- Schwarzberg, M.N., “Carbon dioxide level as migraine threshold factor: hypothesis and possible solutions”. (1993), *Medical Hypotheses*, 41(1): 35-36.
- Seltzer, J.M., “Sources, concentrations, and assessment of indoor pollution”. In: Bardana, E.J., Montanaro, A. (Eds.), “Indoor Air Pollution and Health”. (1997), Marcel Dekker, Nova Iorque.
- Shima, M., Adachi, M., “Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren”. (2000), *International Journal of Epidemiology*, 29: 862-870.
- Singleton, P. “Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine”. (1999), *John Wiley & Sons, Ltd.*, 5ª edição.
- Sigma-Aldrich, “CASO Agar”. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Fluka/Datasheet/22095dat.Par.0001.File.tmp/22095dat.pdf>>. Acedido a: 26 de Agosto, 2010.
- Sigma-Aldrich, “MacConkey Agar”. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Fluka/Datasheet/70143dat.Par.0001.File.tmp/70143dat.pdf>>. Acedido a: 26 de Agosto, 2010.
- Sigma-Aldrich, “Malt Extract Agar”. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Fluka/Datasheet/70145dat.Par.0001.File.tmp/70145dat.pdf>>. Acedido a 26 de Agosto, 2010.
- Smedje, G., Norback, D., Edling, C., “Subjective indoor air quality in schools in relation to exposure”. (1997), *Indoor Air*, 7: 143-150.
- Smedje, G., Norback, D., Wessen, B., Edling, C., “Asthma among school employees in relation to the school environment”. (1996), *Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Nagoya, Japan, 1: 611-616.
- Sofuoglu, S.C., Aslan, G., Inal, F., Sofuoglu, A., “An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools”. (2010), *Int. J. Environ. Health*, doi: 10.1016/j.ijheh.2010.08.008.
- Sookchaiya, T., Monyakul, V., Thepa, S., “Assessment of the thermal environment effects on human comfort and health for the development of novel air conditioning system in tropical regions”. (2010), *Energy and Buildings*, 42: 1692-1702.

- St-Germain, G., Summerbell, R., “Identifying Filamentous Fungi, A Clinical Laboratory Handbook”. (1996), *Star Publishing Company*, California.
- Stanier, R.Y., Ingraham, J.L., Wheelis, M.L., Painter, P.R., “General Microbiology”. (1987), *MacMilan Press*, 5ª edição, Malásia.
- Takahashi, T., “Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan”. (1997), *Mycopathologia*, 139(1): 23-33
- The Handbook of Environmental Chemistry “Volatile Organic Compounds in Indoor Environments”, (2004), Vol. 4, Part F, 1-35.
- Törnqvist, M., “Is ambient ethene a cancer risk factor?”. (1994), *Environ Health Perspect.*, 102(4): 157-160.
- Wang, B., Lee, S.C., Ho, K.F., “Characteristics of carbonyls: Concentrations and source strengths for indoor and outdoor residential microenvironments in China”. (2007), *Atmospheric Environment*, 41: 2851-2861.
- WHO, “Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution”. (2006).
- WHO, “WHO Air Quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide – summary of risk assessment” (2006).
- Willers, S., Andersson, S., Andersson, R., Jorgen, G., Sverdrup, C., Rosell, L., “Sick Building Syndrome Symptoms among the Staff in Schools and kindergartens: are the Levels of Volatile Organic Compounds and Carbon Dioxide Responsible?”. (1996), *Indoor Built Environ*, 5: 232-235.
- Wilson, M., “Microbial inhabitants of Humans, their Ecology and role in Health and Disease”. (2005), *Cambridge University Press*, 1ª edição, Estados Unidos da América.
- Wolkoff, P., Kjærgaard, S.K., “The dichotomy of relative humidity on indoor air quality”. (2007), *Environment International*, 33: 850-857.
- Wolkoff, P., Nielsen, G.D., “Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline”. (2010), *Environment International*, 36: 788-799.
- Woolfenden, E., “Sorbent-based sampling methods for volatile and semi-volatile organic compounds in air. Part 1: Sorbent-based air monitoring options”. (2010), *J. Chromatogr. A*, doi:10.1016/j.chroma.2009.12.042.
- Yang, W., Omaye, S.T., “Air pollutants, oxidative stress and human health”. (2009), *Mutation Research*, 674: 45-54.
- Yang, Y., Sun, C., Sun, M., “The effect of moderately increased CO₂ concentration on perception of coherent motion”. (1997), *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 38(4): 1786.

Zuraimi, M.S., Tham, K.W., “Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers”. (2008), *Atmospheric Environment*, 42, 2225-2239.