

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

AVALIAÇÃO DO CONTRIBUTO NA
QUALIDADE DO AR INTERIOR HOSPITALAR
DA HUMIDADE E DOS FUNGOS

Dissertação de candidatura ao grau de
Mestre em Engenharia Biomédica,
submetida à Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto

Orientador: Professor Doutor Eduardo de Oliveira Fernandes

Co-orientadora: Doutora Gabriela Ventura Alves da Silva

Ana Maria Almeida Torres Magalhães

Setembro de 2009

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Eduardo de Oliveira Fernandes pela valiosa e indispensável orientação e por todo o conhecimento transmitido.

À Doutora Gabriela Ventura Alves da Silva pela preciosa orientação, pela constante disponibilidade dispensada e pelos comentários construtivos efectuados ao longo deste trabalho.

À Professora Doutora Eugénia Pinto agradeço a sua disponibilidade e expresso os meus sinceros agradecimentos pela transmissão de conhecimentos que potenciaram a grande consistência deste estudo.

A todos os membros que integram o LQAI, nomeadamente Anabela Martins, Joana Madureira e Susana Martins, pelo apoio e disponibilidade que demonstraram ao longo deste trabalho, além da amabilidade com que sempre me trataram.

À direcção da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e a todos os seus elementos que tão gentilmente colaboraram para a realização deste trabalho.

A toda a equipa das entidades hospitalares, nomeadamente a Dr.^a Joana Martins, o Eng. Eduardo Amaro e o Eng. Manuel Freitas por terem contribuído de forma valiosa para a realização deste estudo nas suas instalações.

A todos os meus colegas de trabalho pela compreensão demonstrada.

Aos meus pais por toda a paciência revelada e encorajamento incondicional.

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinhos a compreensão transmitida.

Ao meu cunhado Vítor Matias um obrigada muito especial.

Ao André Magalhães, à Rita Lemos e à Ana Portocarrero um agradecimento especial pela sua colaboração.

A todos – MUITO OBRIGADA.

Resumo

A qualidade do ar interior (QAI) tem vindo a ser objecto de atenção crescente por toda a comunidade científica e do público em geral. O elevado tempo de exposição da maioria das pessoas ao ar interior é propício ao aparecimento de um conjunto de problemas do foro da saúde e do conforto, com reflexos negativos na produtividade e no bem-estar das pessoas. Os estabelecimentos hospitalares, para além de possuírem toda a equipa laboral (médicos, enfermeiros e administrativos), albergam pessoas que apresentam, como factor agravante, um quadro de hipersensibilidade que, em contacto com um ambiente crítico em termos de QAI, estão mais susceptíveis à alteração do seu estado de saúde, podendo mesmo originar o aparecimento de infecções e o agravamento de doenças. A exposição a contaminantes microbiológicos, como fungos, e a sua relação com factores ambientais é um dos aspectos mais importantes.

O plano de investigação proposto visou essencialmente efectuar a avaliação da concentração de fungos e do teor de humidade no ar interior em enfermarias, comparativamente com o ar exterior, e propor recomendações de boas práticas a aplicar a esses edifícios para proporcionar uma boa QAI.

As colheitas de ar foram realizadas semanalmente, em dois períodos do ano (Inverno e Primavera), em enfermarias de três unidades hospitalares da Grande Área Metropolitana do Porto. Para as colheitas de fungos foi usado um método selectivo, através de recolha de amostras de ar, segundo o princípio de colheita de ar por impacto no meio de cultura.

De um modo geral, as três unidades hospitalares avaliadas evidenciaram uma boa QAI em termos de fungos, uma vez que o ar das enfermarias (à excepção de uma enfermaria) apresentava concentrações destes microrganismos abaixo do valor regulamentar. Os géneros fúngicos mais frequentemente isolados nos ambientes avaliados foram *Cladosporium*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Verificou-se que, no geral, as concentrações de fungos no exterior foram superiores às medidas no interior, observando-se a existência de uma correlação entre as concentrações medidas no interior e no ar de admissão. Estes resultados comprovam que o exterior é uma fonte importante de fungos, e realçam a importância de filtros nos sistemas AVAC como elementos de controlo da qualidade do ar interior.

No entanto, pela identificação dos géneros verificou-se que existem também fontes de contaminação no interior dos espaços hospitalares avaliados. Os géneros *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Monilia*, *Botrytis*, *Paecilomyces* e *Mucor* estavam presentes no ar interior e ausentes no ar novo, em algumas amostragens. Salienta-se o caso do género *Aspergillus* que foi detectado com uma percentagem mais elevada no ar interior. Foi identificada ainda a espécie *Aspergillus fumigatus* por observação microscópica, tendo-se verificado que, em algumas enfermarias foi apenas identificado *A. fumigatus* no ar interior e não no ar novo.

Relativamente a variações temporais observou-se que os resultados da concentração de fungos no final da manhã foram sempre superiores aos determinados no final da tarde, tendo-se concluído que as acções de limpeza são um factor que explica a diferença de valores observada. Os resultados obtidos mostraram também que a contaminação fúngica foi mais elevada na Primavera do que no Inverno.

Relativamente à humidade relativa refere-se que os valores médios obtidos em cada amostragem também respeitavam os limites regulamentares, tanto para a estação de Inverno, como de Primavera, apresentando respectivamente valores médios de 48,8% \pm 12,5 e de 46,6% \pm 5,9. Esta constância nos valores não permitiu relacionar os níveis de fungos com a humidade relativa. Também no que se refere à localização dos edifícios, aos aspectos construtivos e aos sistemas de ventilação não foi possível estabelecer correlações com as concentrações de fungos obtidas. As três unidades hospitalares apresentavam características físicas bastante similares, essencialmente ao nível dos aspectos construtivos e dos componentes que integram os sistemas de ventilação.

Abstract

The indoor air quality (IAQ) has been receiving increasing attention within the scientific community and the general public. The long exposure of most people to the indoor air is favourable to the appearing of an ensemble of health and comfort problems with negative repercussions on productivity and people's well-being. The hospital establishments lodge people that, due to their physical condition, are hypersensitive to the IAQ (besides all of the working teams that incorporate the administration and technical staff – physicians and nurses). In those cases, the IAQ can be responsible for the appearing of infections and the aggravation of health conditions. The exposure to microbiological contaminants, such as fungi, and its relation with environmental factors are two of the most important aspects on this matter.

This investigation focused on the evaluation of fungi concentration and moisture content of infirmary's indoor air – in comparison to the outdoor air – as well as the elaboration of good practice recommendations.

The air samples were taken weekly in two seasons (winter and spring) from infirmaries of three hospital units of the Porto's Metropolitan Area. The fungi samples were collected using a selective method according to the principles of "air collecting by impact in a culture medium".

In general the three hospital units studied showed a good IAQ in terms of fungi since the air of the infirmaries (except one) had concentrations of these microorganisms below the regulated value. The most frequent genders found were *Cladosporium*, *Penicillium* and *Aspergillus*. It was also observed that the fungi concentration measured outdoors was higher than the one found indoors, showing a correlation between the concentration measured inside and in the intake air. These results show that the outdoor air is an important source of fungi and highlights the importance of filters in HVAC systems as elements of control of indoor air quality.

However the identification of fungi gender showed that there are also sources of contamination within the hospital areas. In some samples the genera *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Monilia*, *Botrytis*, *Paecilomyces* and *Mucor* were present in the indoor air and absent in the outdoor air. *Aspergillus* was the gender detected indoors with a higher percentage. The specie *Aspergillus fumigatus* was also identified by

microscopic observation and, in some samples, *A. fumigatus* were present in the indoor air and absent in the outdoor air.

Regarding the analysis for temporal variation the results showed that fungi's concentration in the late morning were always higher than those in the late afternoon, pointing out the importance of the cleaning procedures during the day. This study also showed that the fungi contamination was higher in the springtime than in the wintertime.

Regarding the relative humidity, the averages values for each sampling period fell within the statutory limits for both winter and spring season, with average values of respectively $48.8\% \pm 12.5$ and $46.6\% \pm 5.9$. This constancy in the RH values didn't allow the correlation between the levels of fungi with the relative humidity. Also in what regards the building's location, its constructive characteristics and its ventilation systems it was not possible to establish correlations with the concentrations of fungi observed. The three hospitals had very similar physical characteristics, especially at the level of constructive aspects and components that integrate the ventilation systems.

Índice

<i>Agradecimentos</i>	iii
<i>Resumo</i>	v
<i>Abstract</i>	vii
<i>Índice</i>	ix
<i>Lista de Figuras</i>	xii
<i>Lista de Tabelas</i>	xiv
<i>Siglas</i>	xv

Capítulo I - Contexto da investigação

1. Introdução.....	3
2. Objectivos do trabalho	6
3. Organização da dissertação.....	7

Capítulo II - Enquadramento teórico

1. Qualidade de ambientes interiores e saúde.....	10
1.1. Contexto histórico.....	10
1.2. Infecções associadas aos cuidados de saúde.....	14
2. Fontes de poluição do ar interior.....	19
3. Parâmetros ambientais com influência na QAI.....	21
3.1. Parâmetros físicos.....	21
3.1.1. Humidade relativa.....	21
3.1.2. Temperatura.....	23
3.1.3. Velocidade do ar.....	25
3.2. Parâmetros químicos.....	25
3.3. Parâmetros biológicos.....	26
3.4. Critérios de referência.....	27
4. Estratégias de controlo da QAI.....	30

5. Fungos.....	33
5.1. Aspectos gerais.....	33
5.2. Organização estrutural.....	35
5.3. Dispersão.....	36
5.4. Substâncias metabólicas.....	40
5.4.1. Micotoxinas.....	40
5.4.2. COVs.....	42
5.5. Parâmetros favoráveis: humidade relativa e actividade em água.....	45
6. Sistemas AVAC.....	48
6.1. Componentes básicos e funcionamento.....	49
6.2. Tipos de sistemas de ventilação mecânica.....	53
6.3. Importância da ventilação.....	54
6.4. Contributo na proliferação de fungos.....	56

Capítulo III – Metodologia de investigação

1. Amostra.....	64
1.1. Unidades hospitalares.....	64
2. Métodos.....	66
2.1. Caracterização dos edifícios hospitalares e espaços interiores.....	66
2.2. Fase de amostragem.....	67
2.2.1. Locais e pontos de amostragem.....	69
2.2.2. Equipamento.....	71
2.3. Fase de laboratório.....	74
2.3.1. Contagem de fungos.....	74
2.3.2. Isolamento e identificação de fungos.....	75

Capítulo IV – Análise e discussão dos resultados

1. Caracterização das unidades hospitalares.....	80
2. Avaliação e controlo dos parâmetros ambientais.....	84
2.1. Avaliação da humidade relativa.....	87
2.2. Avaliação da temperatura.....	88
2.3. Avaliação de CO ₂	89
2.4. Comparação dos valores médios com os critérios de referência.....	90
3. Controlo microbiológico: fungos.....	92
3.1. Análise dos resultados de UFC/m ³ obtidos no Inverno.....	92
3.1.1. Influência da hora de amostragem: manhã e tarde.....	93

3.1.2.	Influência do serviço.....	93
3.1.3.	Influência da Unidade Hospitalar.....	94
3.1.4.	Resultados globais: UH A e UH B.....	94
3.2.	Análise dos resultados de UFC/m ³ obtidos na Primavera.....	94
3.2.1.	Influência da hora de amostragem: manhã 1 e manhã 2.....	95
3.2.2.	Influência da hora de amostragem: manhã e tarde.....	96
3.2.3.	Influência do serviço.....	96
3.2.4.	Influência da Unidade Hospitalar.....	96
3.2.5.	Resultados globais: UH A, UH B e UH C.....	96
3.3.	Comparação dos resultados de UFC/m ³ obtidas no Inverno e na Primavera.....	97
3.4.	Avaliação dos níveis de UFC/m ³ medidos nos espaços interiores.....	97
3.5.	Análise da relação da concentração de fungos com a humidade relativa.....	99
3.6.	Análise da relação da concentração de fungos com a temperatura e com o CO ₂	100
3.7.	Relação da concentração de fungos do ar interior com a do ar de admissão.....	101
3.8.	Análise da concentração de fungos em função das condições no interior no momento das colheitas.....	103
3.9.	Análise dos resultados relativos à flora fúngica.....	107
3.9.1.	Análise dos géneros detectados na amostragem de Inverno.....	110
3.9.2.	Análise dos géneros detectados na amostragem de Primavera.....	110
3.9.3.	Análise global dos géneros fúngicos: Inverno e Primavera.....	111
3.9.4.	Fungos presentes no ar interior e ausentes no ar novo.....	112
3.9.5.	Análise dos resultados de <i>Aspergillus fumigatus</i>	114

Capítulo V – Conclusões finais

1.	Conclusões.....	118
2.	Recomendações.....	119
3.	Perspectivas futuras.....	120

Referências bibliográficas.....	122
---------------------------------	-----

Anexos

Anexo A – Checklist

Anexo B – Folha de registo

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura da dissertação e contextualização dos capítulos.....	7
Figura 2 - Equilíbrio entre agente, hospedeiro e vias de transmissão, prevenindo IACS.....	16
Figura 3 - Fontes de poluição do ar interior e respectivos poluentes.....	19
Figura 4 - Diagrama psicrométrico: Relação entre a temperatura do ar, a humidade absoluta e a humidade relativa.....	22
Figura 5 - Relação da temperatura e da humidade relativa de acordo com a norma ASHRAE 55-2004.....	24
Figura 6 - Sistemas de controlo da QAI.....	31
Figura 7 - Micélio de um fungo: A – Estrutura macroscópica; B – Estrutura microscópica, visualização das hifas.....	35
Figura 8 - Microfotografia de <i>Penicillium</i> spp. (A) e sua representação esquemática (B).....	36
Figura 9 - Microfotografias dos géneros <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> e <i>Alternaria</i>	38
Figura 10 - Esquema genérico de uma instalação de um sistema AVAC.....	49
Figura 11 - Esquema representativo do sistema de filtração.....	51
Figura 12 - Filtro HEPA e sua relação com a eficiente filtragem.....	52
Figura 13 - Controlo da diferença de pressão em quartos de doenças infecciosas	55
Figura 14 - Tomadas de ar novo: A - sem manutenção; B – com manutenção.....	57
Figura 15 - Filtros: A - filtro degradado ; B - filtro novo.....	58
Figura 16 - Baterias: A - bateria com elevado grau de sujidade; B - bateria completamente limpa.....	58
Figura 17 - Tabuleiros de condensados: A - sem manutenção; B - com manutenção.....	59
Figura 18 - Conduatas: A - conduita com isolamento (sem ser de chapa lisa), em elevado estado de degradação; B - conduita em chapa lisa em elevado estado de sujidade....	59
Figura 19 - Tampa de visita em conduita para permitir a sua limpeza.....	60
Figura 20 - Pontos de amostragem na UH A.....	69
Figura 21 - Pontos de amostragem na UH B.....	70
Figura 22 - Pontos de amostragem na UH C.....	70
Figura 23 - Equipamento de colheita de ar.....	71
Figura 24 - Placas de Petri com meio de cultura.....	72
Figura 25 - Princípio de colheita por impacto.....	72
Figura 26 - Sensor de humidade relativa e temperatura.....	73
Figura 27 - Analisador de CO ₂	73
Figura 28 - Aspecto de algumas das placas obtidas e sua relação com a contagem.....	75

Figura 29 - Sequência de métodos usados no isolamento e identificação de fungos.....	76
Figura 30 - Localização das grelhas de insuflação nas enfermarias 1-7. As setas representam as respectivas grelhas.....	83
Figura 31 - Monitorização da humidade relativa do ar relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera).....	87
Figura 32 - Monitorização da temperatura relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera).....	88
Figura 33 - Monitorização do CO ₂ relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera).....	89
Figura 34 - Concentração de fungos nos espaços avaliados: enfermarias e respectivos locais de admissão de ar novo.....	98
Figura 35 - Correlação entre a concentração de fungos (UFC/m ³) e CO ₂	101
Figura 36 - Correlação entre a concentração de fungos no ar novo e no ar interior.....	102
Figura 37 - Frequência relativa dos principais géneros fúngicos.....	108/109

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Condições de referência para ambientes de conforto.....	28
Tabela 2 - Classificação dos compostos orgânicos de acordo com a OMS.....	43
Tabela 3 - Exemplos de COVM emitidos no ambiente interior.....	44
Tabela 4 - Níveis de humidade necessária para o crescimento de alguns microrganismos em materiais de construção e determinados equipamentos.....	46
Tabela 5 - Caudais mínimos de ar novo aplicados à actividade hospitalar.....	55
Tabela 6 - Enfermarias e respectivos serviços nas Unidades Hospitalares A, B e C.....	65
Tabela 7 - Calendarização da fase de amostragem.....	67
Tabela 8 - Características do meio de cultura DG18.....	73
Tabela 9 - Aspectos construtivos relativos às enfermarias estudadas.....	81
Tabela 10 - Aspectos relativos aos sistemas de ventilação que integram as enfermarias avaliadas.....	82
Tabela 11 - Valores médios obtidos nas enfermarias avaliadas, para os parâmetros humidade relativa, temperatura e CO ₂ , durante a estação de Inverno.....	84
Tabela 12 - Valores médios obtidos nas enfermarias avaliadas, para os parâmetros humidade relativa, temperatura e CO ₂ , durante a estação de Primavera.....	85/86
Tabela 13 - Concentração de CO ₂ para aplicação do critério de conformidade.....	91
Tabela 14 - Valores médios da concentração de fungos (UFC/m ³) - Inverno.....	93
Tabela 15 - Valores médios da concentração de fungos (UFC/m ³) - Primavera.....	95
Tabela 16 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Inverno na UH A.....	104
Tabela 17 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Inverno na UH B.....	104
Tabela 18 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na UH A.....	105
Tabela 19 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na UH B.....	105
Tabela 20 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na UH C (parte nova).....	106
Tabela 21 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na UH C (parte antiga).....	106
Tabela 22 - Frequência de géneros de fungos presentes apenas no ar interior (ausentes no ar de admissão) durante o Inverno.....	112
Tabela 23 - Frequência de géneros de fungos presentes apenas no ar interior (ausentes no ar de admissão) durante a Primavera.....	113
Tabela 24 - Concentração de <i>A. fumigatus</i> (UFC/m ³).....	114

Siglas

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning</i>
AVAC	Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC, <i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>)
AT	Área Técnica
BRI	<i>Building Related Illness</i> (Doenças relacionadas com o edifício)
COV	Compostos Orgânicos Voláteis (VOC, <i>Volatile Organic Compounds</i>)
HEPA	<i>High efficiency particulate air filter</i>
HR	Humidade Relativa
IACS	Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde
IAQA	<i>Indoor Air Quality Association</i> (Associação de qualidade do ar interior)
LQAI	Laboratório da Qualidade do Ar Interior
COVM	Compostos orgânicos voláteis microbiológicos (MVOC, <i>Microbiological Volatile Organic Compounds</i>)
OMS	Organização Mundial de Saúde (WHO, <i>World Health Organization</i>)
QAI	Qualidade do Ar Interior
SBS	<i>Sick Building Syndrome</i> (Síndrome do “edifício doente”)
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do ar Interior nos Edifícios
UFC	Unidades Formadoras de Colónias
UH	Unidade Hospitalar
US-EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos)
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

Capítulo I

Contexto da investigação

1. Introdução

A qualidade de vida das pessoas e, em particular, a sua saúde, é influenciada pelo ar que respiram. Uma boa qualidade do ar interior (QAI) é importante para proporcionar bem-estar. Em locais de elevado número populacional, como hospitais, escolas e outros edifícios, tal não é sempre garantido, sendo que muitas vezes os poluentes atingem níveis de concentração preocupantes.

Problemas na QAI são reconhecidos como importantes factores de risco para a saúde humana tanto em países de baixo poder económico, como de médio ou de elevado nível de vida (WHO, 2009).

A problemática da QAI tem vindo a despertar um interesse crescente quer ao nível da comunidade científica e do público em geral, quer ao nível dos projectistas, construtores, instaladores e responsáveis pela gestão dos edifícios.

O elevado tempo de exposição da maioria das pessoas ao ar interior (90%), distribuído essencialmente entre a casa onde habitam, o local de trabalho, os meios de transporte e actividades culturais e de lazer, é propício ao aparecimento de um conjunto de problemas do foro da saúde e do bem-estar, com reflexos negativos na produtividade e no bem-estar das pessoas, o que torna a QAI uma questão pertinente para estudo.

Estes problemas assumem hoje uma dimensão particular como efeito da evolução que tem ocorrido nos edifícios relativamente às tecnologias da construção, aos materiais envolvidos e ao controlo ambiental.

Neste sentido, especificamente no que respeita aos edifícios, tem surgido um crescente número de linhas orientadoras assentes no princípio da prevenção e da responsabilidade, admitindo que toda a gestão de um edifício deverá responder a critérios específicos de qualidade do ar, tendo em atenção o respectivo impacto na saúde dos ocupantes e no próprio ambiente (WHO, 2008a).

Salienta-se que na maioria dos edifícios pode não ser aparente qualquer problema relativo à QAI, mas um número significativo de poluentes pode persistir no ar, que individualmente ou no seu conjunto, podem ser responsáveis por um crescente número de sintomas e doenças.

São diversos os factores que contribuem para a contaminação do ar interior: o ar proveniente do exterior; os equipamentos dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC); os aspectos construtivos do próprio edifício tais como

revestimentos interiores, mobiliário, decoração e produtos de limpeza; as actividades e o metabolismo dos ocupantes do espaço.

A gestão da QAI, por um lado, implica um correcto controlo das fontes de poluentes, a partir da sua remoção do edifício, isolamento em relação aos seus ocupantes ou redução da sua utilização. Por outro lado, aquela gestão requer uma adequada ventilação, como último recurso, de forma a diluir a poluição proveniente de fontes do interior do edifício que não se tenham podido evitar e a controlar a poluição do ar exterior indispensável à renovação do ar interior.

A QAI em edifícios hospitalares é um caso que merece especial atenção. Os estabelecimentos hospitalares, para além de possuírem toda a equipa laboral (médicos, enfermeiros e administrativos), albergam pessoas que apresentam, como factor agravante, um quadro de fragilidade que, em contacto com um ambiente crítico em termos de QAI, estão mais susceptíveis à alteração do seu estado de saúde, podendo mesmo desencadear o aparecimento de infecções e agravamento de doenças.

Estudos sobre os microrganismos presentes em ambientes interiores, nomeadamente em hospitais, têm ganho crescente relevância devido aos efeitos adversos na saúde associados com os bioaerossóis (Aydogdu e Asan, 2008; Sivasubramani *et al.*, 2004). A exposição a contaminantes microbiológicos está clinicamente associada a sintomas respiratórios, alergias, asma e reacções imunológicas (WHO, 2009). Segundo vários estudos, a exposição a agentes microbiológicos, como fungos, pode afectar a saúde das pessoas seja em casa, no local de trabalho ou em hospitais. O conjunto das complicações de saúde, irritações e desconforto geral devido à presença de elementos fúngicos ou compostos voláteis num determinado edifício pode desencadear o conhecido síndrome do edifício doente (Wilson *et al.*, 2004; Kuhn e Ghannoum, 2003; Rea *et al.*, 2003; Cooley *et al.*, 1998).

Conforme a WHO (2009), a população microbiana tem tendência a aumentar em ambientes interiores quando existe uma percentagem de humidade significativa e quando a ventilação é inadequada. Actualmente, há factores que contribuem para o desenvolvimento de condições que aumentam a exposição à humidade e aos fungos, tais como:

- mudanças climáticas;
- urbanização;
- medidas de conservação de energia;
- qualidade dos materiais de construção e aspectos construtivos.

De salientar a introdução em Portugal da problemática da QAI no regulamento do Sistema Nacional de Certificação Energética^{1a)}, aproveitando a transposição da directiva comunitária de 2002², mas indo para além do que esta previa. Tal evidencia o reconhecimento da importância da QAI em Portugal, como parâmetro fundamental para reduzir riscos para a saúde pública e potenciar o conforto e a produtividade.

A transposição desta directiva para o direito interno¹ deu particular ênfase aos problemas relativos à QAI nos edifícios, articulando-os e integrando-os com os objectivos de eficiência energética. A interligação destes dois vectores é crucial numa óptica integrada de melhoria ambiental, económica e social, para as decisões sustentadas ao nível energético, nomeadamente nos estabelecimentos ligados à saúde pública.

Embora inúmeros estudos e projectos reforcem a evidência dos diversos e complexos efeitos da QAI na saúde pública, muitas das relações causa-efeito entre as diferentes fontes de poluição de ambientes interiores estão ainda por quantificar e mesmo identificar. Para um melhor conforto e para que se salvguarde a QAI dos espaços confinados, há que estabelecer valores limite para os parâmetros que possam pôr em causa a QAI. A partir do momento em que esses valores forem ultrapassados, a saúde dos ocupantes dos espaços confinados é motivo de preocupação. No entanto, em termos de legislação, nomeadamente a nível do contributo de fungos para a QAI, é de referir que, apesar de em Portugal já estar regulamentada a concentração máxima admissível de fungos no ar interior^{1b)}, existe ainda uma lacuna no que se refere à flora fúngica adequada a um bom ambiente interior.

1 – a) Decreto-Lei n.º78/2006, de 4 Abril [SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios], b) Decreto-Lei n.º79/2006, de 4 Abril [RSECE – Regulamento dos Sistemas de Climatização em Edifícios] e o c) Decreto-Lei n.º80/2006, de 4 de Abril [RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios].

2 – Directiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro.

2. Objectivos do trabalho

O presente trabalho aplica-se à QAI a nível hospitalar centrando-se na avaliação da contribuição de fungos e da humidade.

Este trabalho foi desenvolvido em ligação com o Laboratório da Qualidade do Ar Interior (LQAI), no Instituto de Engenharia Mecânica, localizado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e com o Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Os objectivos deste estudo centram-se na problemática da QAI em enfermarias, no sentido de poder contribuir para um bom ambiente nesses locais, com vista a, especificamente:

- a) Efectuar a avaliação dos fungos e da humidade na exposição ao ar interior em edifícios hospitalares;
- b) Propor uma série de recomendações de boas práticas a aplicar ao edifício hospitalar para uma melhor QAI.

3. Organização da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos.

O esquema da figura 1 representa a estrutura da dissertação, assim como breves contextualizações acerca dos assuntos abordados em cada um dos capítulos.

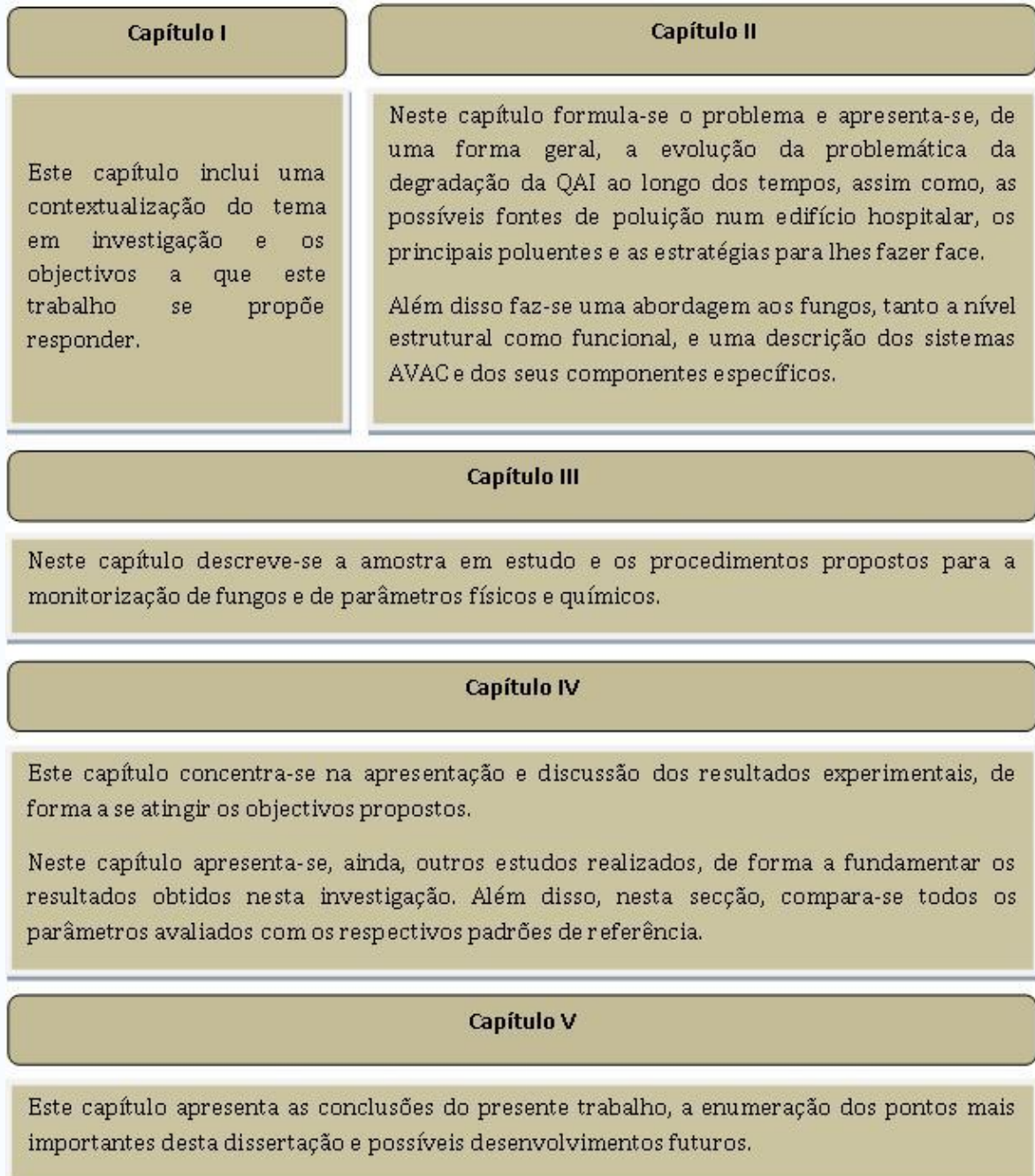


Figura 1 - Estrutura da dissertação e contextualização dos capítulos

Capítulo II

Enquadramento teórico

1. Qualidade de ambientes interiores e saúde

1.1. Contexto histórico

Ao longo dos tempos, a problemática da poluição do ar tem constituído uma preocupação para a humanidade.

Inicialmente apenas a poluição do ar exterior constituía um problema real e de preocupação mundial devido à crescente emissão de poluentes, nomeadamente a partir do aumento da urbanização e da industrialização. Mais recentemente a poluição do ar interior foi encarada também como possível problema a nível de saúde.

No século XVIII, segundo Benjamin Franklin, surgem as primeiras referências a problemas de contaminação do ar interior relativos aos efeitos dos fumos de lareiras em salas fechadas, salientando a necessidade de construir chaminés apropriadas. O mesmo autor escreveu também sobre a “formação de tectos” quando era utilizado carvão para aquecimento propondo, como solução do problema, a “diluição” dos fumos com ar fresco - ventilação (Cabral e Veiga, 2001).

Com o passar do tempo e com a evolução do conhecimento do Homem sobre os ambientes interior e exterior aos edifícios, outras exigências foram progressivamente adicionadas aos requisitos básicos para um edifício, como a sua segurança e a impermeabilidade e/ou estanqueidade a chuvas, ventos e neve.

De facto, a questão do conforto foi sendo valorizada, sempre com o objectivo de garantir ao Homem locais adequados para o seu bem-estar, seja na sua habitação, no seu local de trabalho ou nas suas actividades, de forma a proporcionar uma melhor e maior produtividade, não devendo ter sido descurado o caso de edifícios hospitalares.

Na década de 30, do século XX, surgiram os primeiros ambientes climatizados, onde a temperatura e a humidade do ar eram controladas, proporcionando conforto térmico para as pessoas que ali conviviam (Siqueira, 2000).

No final da década de 70 a problemática da QAI começou a assumir ainda uma maior expressão como consequência da crescente urbanização, do desenvolvimento de novas técnicas de construção e do fabrico de novos materiais, muitos destes sintéticos e à base de derivados do petróleo.

De facto, o fabrico e a utilização de materiais sintéticos, fortes emissores de substâncias químicas, conduziram a um aumento considerável de poluentes no ar

interior e no ar exterior e, conseqüentemente, a uma maior exposição das pessoas a estes poluentes.

Por força das crises petrolíferas, as medidas tendentes à redução do consumo de energia levaram a que houvesse uma redução drástica dos caudais de ar novo insuflado nos edifícios que dispunham de ventilação mecânica.

Se, por um lado, houve uma preocupação crescente com a QAI, por outro, com a importância de economia de energia, aquela foi sendo minorizada. Assim, os avanços e o controlo nos sistemas automatizados causaram uma redução dramática nas perdas de energia nos últimos trinta anos e as taxas de infiltração de ar diminuíram. O resultado disso é que as concentrações médias dos vários poluentes no ar interior aumentaram substancialmente. Registos externos (dampers) de entrada de ar eram dispostos de modo a permitir um mínimo de captação de ar, ou eram mesmo fechados para diminuir os gastos com refrigeração.

Estudos internacionais têm vindo a enfatizar a importância da problemática da QAI, verificando-se que o ar interior é passível de se encontrar mais poluído que o ar exterior, principalmente nas cidades dos países industrializados. Indicam esses estudos também que o nível de poluição do ar no interior dos edifícios pode atingir valores duas a cinco vezes superiores aos níveis correspondentes obtidos para o ar exterior (Yang *et al.*, 2004; Wood, 2003; Spaeth, 2000; Torres, 2000; US-EPA, 2000). No caso do formaldeído, por exemplo, os valores interiores podem ser dez ou vinte vezes superiores aos respectivos valores exteriores (Oliveira Fernandes *et al.*, 2008).

A US-EPA e a Organização Mundial de Saúde (OMS) têm vindo a reconhecer os problemas de QAI entre os principais riscos ambientais para a Saúde Pública (WHO, 2009; Yang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2002a; US-EPA, 2000; WHO, 1997).

Segundo a WHO, uma aceitável QAI significa que “a natureza física e química do ar interior que é respirado pelos ocupantes de um edifício, produz um completo bem-estar, mental, físico e social, não podendo provocar absentismo, doenças ou debilidades” (IAQ Management Group, 2003).

Sucintamente pode afirmar-se que, as condições de ocupação e as próprias construções se foram alterando ao longo dos tempos, atendendo nomeadamente a:

- aumento do tempo de permanência das pessoas em edifícios (cerca de 90% das nossas vidas acontece no seu interior) e a maior densidade de ocupação e de equipamentos;

- materiais de construção;
- colocação de caixilharias de reduzida permeabilidade ao ar;
- generalização do recurso a sistemas de ar condicionado complexos; e,
- maior exigência do utilizador em relação ao conforto.

As alterações profundas, a nível técnico e socioeconómico, que influenciaram o planeamento e a construção de edifícios, levaram ao aparecimento de edifícios classificados como expondo os seus ocupantes a condições ambientais responsáveis por queixas e doenças (20% a 30% dos edifícios existentes). Este tipo de edifícios foi designado por “edifícios com problemas”, sendo que os restantes, se denominaram de “edifícios sem problemas conhecidos” (70% a 80% dos edifícios existentes) (Woods, 1991). Como consequência, começaram a surgir nos ocupantes dos edifícios diversos problemas de saúde, como alergias, dores de cabeça e problemas relacionados com as mucosas dos olhos, nariz e garganta, podendo mesmo ocorrer em doentes que não os possuísem anteriormente (Martínez e Gómez, 2007).

A OMS considera um edifício doente quando pelo menos 20% dos seus ocupantes sofrem alguns sintomas (dores de cabeça, fadiga, irritações das vias respiratórias e irritações dos olhos e pele) derivados da deficiente qualidade do ambiente e sem que exista doença clinicamente definida.

Podem ser considerados dois tipos fundamentais de “edifícios com problemas”, também conhecidos como “edifícios não saudáveis”, em que as alterações de saúde apresentadas pelos ocupantes podem tomar duas formas (Woods, 1991), que se indicam seguidamente, mas são desenvolvidas em separado, embora sucessivamente:

- Síndrome do Edifício Doente - *Sick Building Syndrome* (SBS)
- Doenças Relacionadas com o Edifício - *Building Related Illness* (BRI)

Síndrome do Edifício Doente

SBS é uma designação utilizada para um grupo de sintomas associados à ocupação e permanência num edifício ou espaço em particular cuja origem ou causa não é fácil ou directamente identificável. Os ocupantes apresentam certos sintomas quando estão no interior de um determinado espaço, mas assim que deixam o local em questão, a sintomatologia é atenuada, podendo mesmo desaparecer.

Os sintomas típicos da SBS são: cefaleias, falta de concentração, fadiga, irritabilidade, afecções da pele (prurido, pele seca), irritação da membrana mucosa dos olhos, nariz e garganta, dificuldade em respirar, congestão nasal e gosto desagradável (IAQ Management Group, 2003; Gomes, 2001; Rostron, 1997). Estes sintomas tendem a aumentar ao longo do dia, quando o tempo de permanência nos edifícios se prolonga, e diminuem à noite e aos fins-de-semana (Gomes, 2001).

As consequências da síndrome são o aumento do absentismo, a redução da produtividade diária do trabalhador e, em situações extremas, o encerramento do edifício (IAQ Management Group, 2003; Rostron, 1997).

Em alguns estudos a prevalência de sintomas da SBS tem sido associada com as características dos sistemas AVAC. Em média, a prevalência de tais sintomas verifica-se ser maior nos edifícios com ar condicionado do que nos ventilados naturalmente, independentemente da humidificação (Seppänen e Fisk, 2002; Mendell e Smith, 1990). Estudos semelhantes aos anteriores foram realçados por Burge (2004). Também a SBS pode resultar da exposição a fungos, vírus, bactérias e a determinadas substâncias químicas (por exemplo, monóxido de carbono e formaldeído) (Costa e Costa, 2006).

A SBS foi reconhecida pela OMS em 1986. Desde o seu reconhecimento por esta instituição iniciou-se uma preocupação crescente pela identificação das respectivas causas directas da SBS e controlo das suas possíveis fontes em edifícios ocupados e edifícios ainda em fase de projecto (Rostron, 1997).

Doenças Relacionadas com o Edifício

As BRI relacionam-se com um conjunto de sintomas que podem ser directamente atribuídos a fontes identificadas, podendo aqueles ser diagnosticados e clinicamente identificados. Ao contrário de muitos casos do SBS, os sintomas persistem após a saída do edifício (Mayan e Rodrigues, 2004). Os indivíduos afectados por BRI podem mesmo necessitar de recuperações prolongadas depois de abandonarem o edifício (EPA, 2007).

Alguns indicadores das BRI em escritórios e edifícios públicos incluem alterações na saúde diagnosticadas como tosse, aperto no peito, febre, arrepios, dores musculares, pneumonia de hipersensibilidade e doença do Legionário. Esta doença é provocada por uma bactéria, a *Legionella pneumophila*, a qual vive em ambientes

húmidos, multiplicando-se preferencialmente em água a 37°C e espalhando-se através das condutas dos sistemas AVAC.

Segundo a EPA (2007) as soluções para eliminar o SBS e as BRI incluem combinações de medidas, tais como: remoção da fonte do poluente; aumento da taxa de ventilação; limpeza do ar, recorrendo a filtros e outros processos técnicos recomendados para este fim; informação e sensibilização aos diversos ocupantes do edifício no que respeita a acções de prevenção em relação à QAI (ex: cumprimento das regras de higiene e limpeza dos espaços que frequentam).

A OMS contabilizou a contribuição de uma variedade de factores de risco relacionados com a propagação de doenças e determinou que a poluição do ar interior é o 8º factor de risco mais importante, sendo responsável por 2,7% do conjunto de casos de doenças no mundo (WHO, 2008b).

Assim, a avaliação da QAI num edifício é um problema complexo, de elevada pertinência, dado que está em causa a saúde dos ocupantes e, conseqüentemente, o seu desempenho profissional, ou seja, a sua produtividade. Pertinentemente se refere que o desempenho profissional pode ter efeitos muitos negativos em situações hospitalares, quer nos profissionais de saúde e em toda a equipa laboral, quer nos doentes.

1.2. Infecções associadas aos cuidados de saúde

Segundo a OMS, as infecções hospitalares, hoje conhecidas como Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde (IACS), são infecções adquiridas no hospital por um doente, que foi admitido, no edifício hospitalar, por outras razões de saúde e que adquiriu uma infecção que na altura da sua admissão não se manifestava nem estava em estado de incubação.

No passado, os hospitais eram considerados insalubres e restringiam-se à prestação de cuidados de saúde com características mais humanitárias do que científicas. Com os trabalhos pioneiros de Semmelweis, Lister e Florence Nightingale foram desenvolvidos os primeiros contornos da prevenção e controlo da infecção hospitalar, fundamentais ao pensamento moderno, no que respeita a cuidados de saúde (Cristino *et al.*, 2007).

A infecção hospitalar em Portugal foi abordada pela primeira vez em 1930, pela Direcção Geral de Saúde e, depois em 1979, pela Direcção Geral dos Hospitais, através da Circular Normativa n.º 6/79, de 9 de Fevereiro (Cristino *et al.*, 2007).

A avaliação microbiológica em edificios iniciou-se por volta dos anos cinquenta do século XX, quando se tornaram comuns infecções em alguns hospitais. Uma das causas dessas infecções foi associada à propagação de esporos fúngicos pelo sistema de ventilação. Na Europa e na América do Norte houve estudos que relacionaram certas doenças com as condições dos edificios, sendo que os ocupantes apresentavam sintomas típicos de “edificios doentes”. Hoje sabe-se que as infecções adquiridas nos hospitais ocorrem em taxas elevadas em todo o mundo.

Problemas associados à construção, demolição e reparação de unidades hospitalares, assim como a ocorrência de inundações, infiltrações, falhas de electricidade e ventilação, aumentam o risco de contaminação ambiental, a nível do ar e das águas, para os doentes que estão em risco de sofrer IACS causadas por microrganismos oportunistas.

O Centro de Controle e Prevenção de Doenças nos EUA (CDC, 2008) estima que, somente no território norte-americano, a infecção hospitalar seja responsável por 1,7 milhões de infecções e 99 mil mortes por ano. Dessas infecções, estima-se que 15% sejam na forma de pneumonia. De facto, as IACS mais comuns, e particularmente ligadas a condições ambientais, estão relacionadas com o desenvolvimento de infecções do aparelho respiratório, particularmente nos doentes idosos e no grupo de doentes com sistema imunitário deficitário.

Muitos microrganismos que são causas relativamente raras de infecções em indivíduos sadios podem tornar-se causas frequentes de doenças em doentes hospitalizados, cujos mecanismos normais de imunidade estão enfraquecidos devido à doença ou aos mecanismos terapêuticos (ex: quimioterapia).

Embora sejam feitos esforços para impedir a propagação de microrganismos em hospitais, esse tipo de ambiente é um importante reservatório para uma vasta variedade de agentes patogénicos.

A epidemiologia das infecções hospitalares depende essencialmente da interacção de três elementos: agente, hospedeiro e via de transmissão (Calil, 2006; Tortora e Funke, 2005; Pelczar *et al.*, 1996). A figura 2 representa a ligação entre estes três elementos. Do desequilíbrio na interacção dinâmica destes elementos, por

modificações qualitativas ou quantitativas do “agente” ou do “hospedeiro” ou das “vias de transmissão”, quer isoladamente, de dois deles, ou dos três, é que surge a doença.

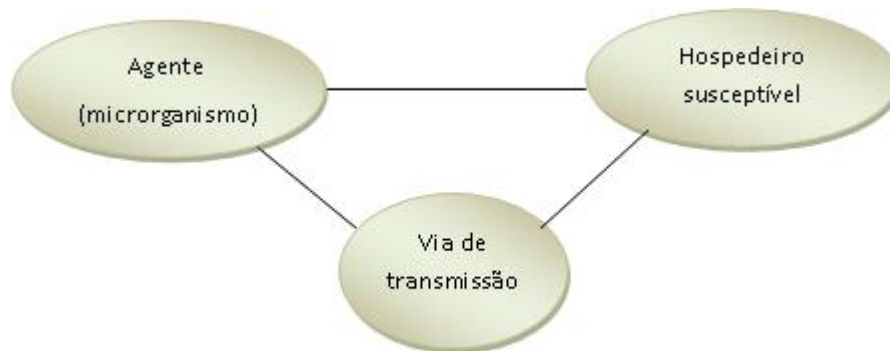


Figura 2 - Equilíbrio entre agente, hospedeiro e vias de transmissão, prevenindo IACS

As principais vias de transmissão das infecções são o contacto directo doente-equipa hospitalar, doente-doente, doente-objectos (como luvas, sapatos, roupas, ferramentas e utensílios), doente-água e doente-ar ambiente (por exemplo através do sistema de ventilação do hospital).

Para se compreender como uma infecção ocorre, depois da exposição ao microrganismo, baseado nos princípios que antecedem a infecção, é importante analisar a contribuição do ambiente associado a IACS.

A sequência de princípios que antecedem uma infecção são:

- número adequado de microrganismos;
- microrganismos patogénicos;
- susceptibilidade do indivíduo exposto;
- modo de transmissão ou transferência do microrganismo em concentração suficiente da fonte para a pessoa exposta;
- eficiência da entrada do agente patogénico no indivíduo exposto.

Devido à alta frequência de infecções hospitalares, todos os hospitais credenciados devem possuir um programa de controlo de infecções. Este abrange diversos aspectos, incluindo a vigilância de doenças entre os doentes e a equipa médica e a determinação do número e do tipo de microrganismos viáveis no ambiente hospitalar.

É imprescindível que os responsáveis pelo controlo da infecção hospitalar e a equipa de laboratório promovam soluções, em conjunto, apelando a uma contínua vigilância de possíveis fontes de contaminação e a um reforço da necessidade de

eficazes práticas de controlo, de forma a evitar casos de infecções e permitir a prevenção de novos casos.

Durante vários anos, os fungos foram considerados clinicamente pouco relevantes. As infecções fúngicas de origem hospitalar passaram a ter grande importância nos últimos anos, pelo seu aumento progressivo e pelas elevadas taxas de morbilidade e mortalidade (Martins-Diniz *et al.*, 2005; Colombo, 2000; Pfaller, 1996). Estas infecções tornaram-se desde então um problema de saúde pública, especialmente na população com sistema imunitário fragilizado (Malcolm, 2005). Os fungos dos géneros *Penicillium*, *Rhizopus*, *Fusarium* e *Aspergillus* têm sido frequentemente relacionados a IACS. De facto, estes géneros fúngicos podem reproduzir-se em ambientes húmidos, tais como madeiras e outros materiais de construção, aumentando a sua concentração em ambientes hospitalares.

Um estudo efectuado na Universidade de Hong Kong, cujo objectivo foi avaliar a QAI em vários hospitais, revelou que microrganismos patogénicos com diâmetros entre 1 e 5 µm podem ser encontrados em suspensão no ar, permitindo mais facilmente a transmissão de doenças. Um dos exemplos mais estudados é o caso da propagação de doenças por transmissão de esporos de fungos do género *Aspergillus*, que podem ter origem nas roupas dos profissionais de saúde e visitantes (Leung e Chan, 2006).

As vias de transmissão de esporos fúngicos entre doentes (Pegues *et al.*, 2002), pelas almofadas (Woodcock *et al.*, 2006) e pelas mãos (Girou, 2003), nomeadamente no decurso da actividade dos profissionais de saúde, podem ser consideradas possíveis e relevantes, associando-se muitas vezes a concentrações elevadas de *Aspergillus* spp. Adicionalmente, têm sido descritas, outras vias de transmissão tais como superfícies e utensílios médicos (Neely e Orloff, 2001).

A presença de *Aspergillus* spp. no ambiente das instalações hospitalares é o factor mais importante para o desenvolvimento de aspergilose em doentes imunocomprometidos.

Vários estudos têm descrito que elevados níveis de poeira contaminada com esporos de *Aspergillus* spp. no meio ambiente têm estado associados com focos epidémicos de infecções em instalações hospitalares com doentes com sistema imunitário debilitado (Berneteix, 1998; Nolard, 1994; Sherertz *et al.*, 1987; Krasinski *et al.*, 1985; Rotstein *et al.*, 1985).

Tal como outras micoses disseminadas, a aspergilose invasiva é primariamente causada pela inalação de esporos de *Aspergillus fumigatus* a partir de um reservatório ambiental.

A maioria dos estudos sobre aspergilose invasiva foca essencialmente *A. fumigatus* (um fungo capaz de crescer a temperaturas entre os 12°C e 53°C, sendo a temperatura óptima para o crescimento de 42°C), pois este é o agente mais prevalente desta infecção, seguido pelo *A. flavus*, *A. terreus*, *A. niger* e muitos outros que são apenas encontrados ocasionalmente (Hedayati *et al.*, 2007; Thiel, 2007).

Contudo, a predominância de *A. fumigatus* em relação às outras espécies, deve-se à sua capacidade de crescer facilmente em qualquer lugar, produzindo esporos muito pequenos que facilmente se inalam e disseminam até a região alveolar.

A aspergilose invasiva, forma actualmente mais comum de aspergilose pulmonar, pode igualmente afectar variados órgãos no organismo humano, evoluindo assim para aspergilose sistémica. Esta caracteriza-se pela invasão de um hospedeiro por fungos filamentosos do género *Aspergillus*, independentemente da espécie invasora (Vonberg e Gastmeier, 2006; Soubani e Chandrasekar, 2002). As infecções sistémicas por fungos estão associadas não tanto a espécies de fungos com diferente grau de patogenicidade, mas antes a diferentes estados de susceptibilidade do hospedeiro.

A via primária de infecção para a aspergilose sistémica é então o tracto respiratório, seguido da via cutânea, através de zonas de pele lesada. A partir destes locais a infecção dissemina-se até à corrente sanguínea e, desta, para todo o organismo (Thiel, 2007). Segundo descrito por Thiel (2007) *Aspergillus* spp. são referidos como os segundos agentes mais frequentes em micoses sistémicas e representam cerca de 30% das infecções fúngicas.

Apesar das alternativas terapêuticas disponíveis, a aspergilose invasiva é actualmente uma das doenças mais mortíferas nas unidades hospitalares, com taxas de mortalidade que atingem cerca de 85%, mesmo após instituição de terapia antifúngica, atingindo maioritariamente doentes com sistema imunitário deficitário.

As resistências dos fungos aos compostos antifúngicos disponíveis para a terapêutica neste tipo de infecção têm vindo a ser cada vez mais frequentes, depositando-se nos novos fármacos a esperança de possibilidade de tratamento.

2. Fontes de poluição do ar interior

Os hospitais constituem ambientes que necessitam de grande atenção, no que se refere à monitorização ambiental, já que albergam pessoas com um estado de saúde fragilizado. Em ambientes hospitalares encontram-se inúmeras fontes emissoras de poluentes que podem afectar a QAI.

Os poluentes que afectam a QAI podem advir de variadas fontes, a saber (Oliveira Fernandes *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2004):

- Ar exterior;
- Actividades dos ocupantes;
- Produtos de consumo, nomeadamente produtos de limpeza e desodorizantes do ar;
- Materiais de construção e decoração, nomeadamente aqueles que são usados nos equipamentos, em mobílias e nos utensílios; e
- Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado - AVAC.

O esquema da figura 3 indica as fontes de poluição do ar interior e alguns dos poluentes mais comuns.



Figura 3 - Fontes de poluição do ar interior e respectivos poluentes

As fontes externas são, em alguns casos, as principais responsáveis pela presença de vários poluentes no ar interior (Lee *et al.*, 2002b; Zabiegala *et al.*, 2002; Chao, 2001; Torres, 2000; Baek *et al.*, 1997). As impurezas ou contaminantes atmosféricos podem ser gerados por processos naturais e/ou por diversas actividades desenvolvidas pelo homem, tais como, centrais de conversão de energia, transportes, processos industriais, construção e agricultura (ASHRAE, 1997). Em todos os edifícios existe uma maior ou menor troca de ar entre o exterior e o interior através de infiltrações, da ventilação, nomeadamente, natural, em que são criadas condições para a entrada de ar vindo do exterior, através de aberturas estrategicamente colocadas. Daí que o ar exterior seja uma fonte importante de poluição do ar interior.

Se por um lado, as actividades realizadas pelos ocupantes são fontes intermitentes de poluição, por outro lado, os materiais e os equipamentos são fontes contínuas de poluição.

Os ocupantes através da respiração e transpiração libertam CO₂ e vapor de água, que, com a elevada permanência em espaços interiores, com o aumento do isolamento dos edifícios e a crescente utilização da ventilação mecânica, como único processo de renovação do ar interior por ar exterior, torna os ocupantes uma fonte relevante de contribuição para a poluição.

A densidade de ocupação e de equipamentos e os materiais sintéticos de revestimento (tintas, vernizes, aglomerantes) estão na origem da elevada taxa de geração de poluentes no interior dos edifícios modernos. Este facto contribui para que a QAI seja, na generalidade dos casos, significativamente inferior à qualidade do ar exterior e, naturalmente, também inferior ao desejável.

A estratégia de ventilação, se for deficientemente concebida ou implementada, pode ser causadora de desconforto e, como referido, uma potencial fonte contaminante do ar interior.

O dimensionamento e a implementação de sistemas de ventilação em edifícios deverá ter necessariamente em conta as fontes de poluição existentes, de forma a proceder à eliminação para o exterior das substâncias poluentes, preferencialmente, junto da sua fonte, evitando assim a contaminação do ar interior.

3. Parâmetros ambientais com influência na QAI

A caracterização da QAI implica a consideração de diversos factores ambientais, tanto numa perspectiva isolada como em interacção.

Consideram-se os seguintes factores que, de alguma forma, possam afectar a QAI:

- Parâmetros físicos
- Parâmetros químicos
- Parâmetros biológicos

Neste trabalho apenas serão apresentados com detalhe os parâmetros ambientais que se relacionam com o desenvolvimento experimental deste estudo, que de alguma forma influenciarão a contaminação fúngica.

3.1. Parâmetros físicos

A humidade relativa (HR), a temperatura e a velocidade do ar são factores fundamentais para o conforto de quem ocupa espaços confinados, sendo estes de especial importância quando interferem com pessoas de estado de saúde fragilizado.

O conforto térmico resulta das condições de trocas de calor existentes entre o corpo humano e o ambiente. Uma das exigências para o bem-estar e conforto é manter o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente afectado por aqueles três factores físicos. Assim, os factores de ambiente térmico, parâmetros importantes de conforto, são relevantes porque podem afectar a percepção dos ocupantes relativamente à QAI e, sobretudo, condicionam ou incrementam a formação de poluentes do ar interior (IAQ Management Group, 2003; Klaassen e Watkins, 2001).

3.1.1. Humidade relativa

A humidade relativa mede a percentagem de saturação para uma dada temperatura. Quanto mais elevada a temperatura, para a mesma quantidade de vapor de água, menor a humidade relativa. Por sua vez, quanto maior a temperatura mais

pernicioso é para o conforto e para a QAI, a ocorrência de uma elevada humidade relativa. A importância do efeito da temperatura nos valores da humidade relativa pode-se constatar a partir da análise da figura 4.

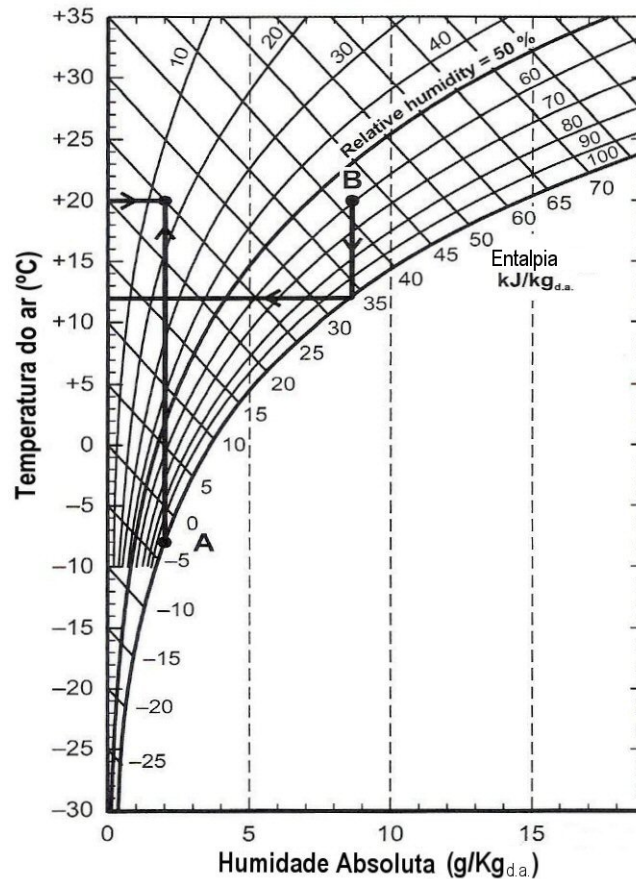


Figura 4 - Diagrama psicrométrico: Relação entre a temperatura do ar, a humidade absoluta e a humidade relativa (adaptado de WHO, 2008a)

Como principais fontes que contribuem para elevadas concentrações de vapor de água no interior dos edifícios refere-se o metabolismo dos ocupantes e as respectivas actividades diárias. Também a humidade do ar exterior e a ocorrência de condensação nas superfícies, por insuficiente isolamento térmico, ou uma inadequada envolvente ao edifício, provocam o aumento de vapor de água (US-EPA, 1991).

A condensação pode ocorrer em locais específicos como superfícies de alguns materiais, nos vidros das janelas, em determinadas zonas de um compartimento não aquecido e em paredes com pouco isolamento.

A humidade relativa do ar interior pode também influenciar, directa ou indirectamente, a actividade dos ocupantes. Baixos valores de humidade relativa podem provocar sensações de secura, irritação na pele e nas membranas mucosas de alguns ocupantes, infecções das vias respiratórias ou desconforto no contacto com alguns materiais devido à geração de electricidade estática. Valores altos de humidade relativa podem originar o desenvolvimento de fungos e ácaros causadores de alergias, irritações e, em casos mais graves, asma (CEN, 2006; CEN, 1998; ECA, 1992).

Estudos efectuados sobre as condições ambientais em habitações vieram demonstrar a relação entre os sintomas respiratórios e a elevada humidade ambiente (WHO, 2009; Gomes, 2002; Strachan *et al.*, 1990).

À medida que os problemas com a humidade se estão a tornar mais comuns é também necessário que se preste mais atenção à qualidade de construção, relativamente a este factor. Uma vez que as práticas de construção variam entre países é impossível ter-se uma directriz geral para todas as construções. No entanto, muitos dos problemas têm a mesma origem e as soluções podem ser similares (WHO, 2008a).

3.1.2. Temperatura

No ar interior, a temperatura que, no fundo, corresponde ao efeito de duas temperaturas: a temperatura do ar interior e a temperatura resultante do efeito radiativo das paredes, tem efeito directo no conforto térmico dos ocupantes. A temperatura pode ser influenciada por factores relativos à iluminação artificial, exposição solar do edifício, equipamentos eléctricos e aos mecanismos de controlo (aquecimento, ventilação e ar condicionado)

Temperaturas elevadas ou baixas podem provocar incómodos para o ser humano. De facto, o corpo humano é capaz de manter uma temperatura constante na maioria das condições, mas está sujeito a certos limites (Yamane e Saito, 2000).

Quando os ocupantes de um edifício estão sujeitos a elevadas temperaturas transpiram, aumentando as perdas de água, por evaporação através da pele, para o ambiente, o que pode influenciar o teor de vapor de água em ambientes fechados.

A temperatura ideal para que os utilizadores de um determinado espaço se sintam confortáveis depende das actividades realizadas, da idade, da temperatura corporal inerente a cada pessoa e das estações do ano (IAQ Management Group, 2003).

A norma ISO 7730, para espaços com ar condicionado, considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais do que 10% dos seus ocupantes se sentem desconfortáveis. A quantificação da percentagem de desconforto foi feita através de estudos que envolveram 1300 pessoas. Estes estudos permitiram estabelecer uma relação entre o resultado do balanço energético do corpo e a tendência de insatisfação, designada por PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). A norma 55-2004 da ASHRAE (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy) sugere que os ocupantes de edifícios com ar condicionado e com ventilação natural requerem diferentes temperaturas o que parece fazer sentido na lógica do conceito de conforto adaptativo por oposição ao conforto termostaticado. Assim a norma 55-2004 para espaços naturalmente ventilados, estabelece que a resposta térmica destes espaços depende em parte da temperatura do exterior no mês em questão e tem em conta também as mudanças no vestuário usado, que acompanha as estações do ano (conceito de ‘conforto adaptativo’). A mesma norma para espaços com ar condicionado, estabelece que a resposta térmica depende da taxa metabólica, da resistência térmica do vestuário, temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e humidade, conforme o gráfico da figura 5.

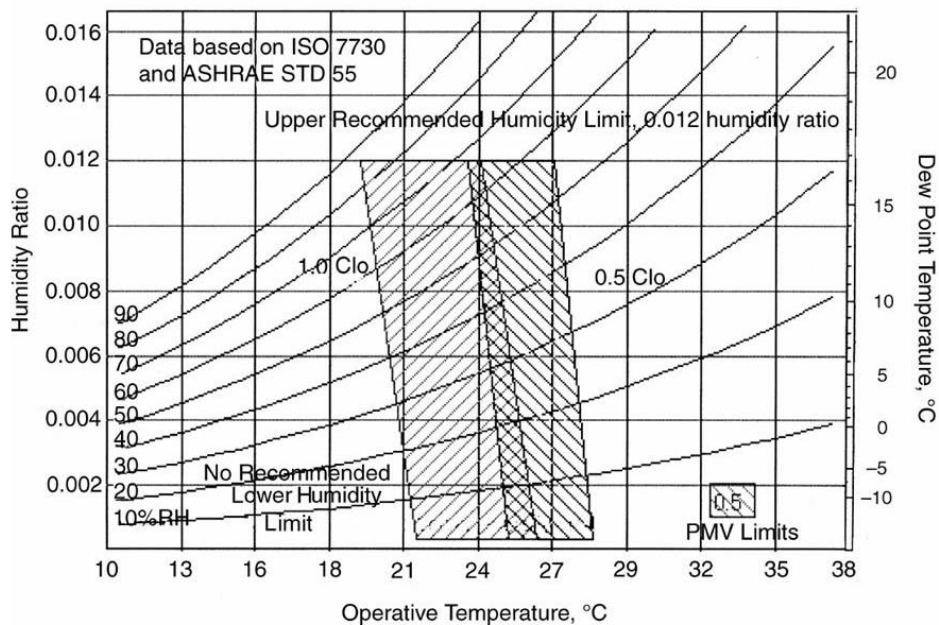


Figura 5 - Relação da temperatura e da humidade relativa de acordo com a norma ASHRAE 55-2004

3.1.3. Velocidade do ar

A velocidade do ar é um parâmetro essencial no conforto dos ocupantes de um determinado espaço, uma vez que aquela evidencia o bem-estar dos mesmos em relação à forma como o ar se difunde num determinado local. Assim, é importante garantir a obtenção de valores inferiores a 0,2 m/s junto ao ocupante (RSECE, 2006), de forma a prevenir “correntes de ar” que, além de serem incomodativas para os ocupantes, permitem a movimentação acentuada de partículas no local em causa (re-suspensão).

3.2. Parâmetros químicos

O dióxido de carbono (CO₂) é expelido naturalmente para o ambiente como subproduto do metabolismo dos seres vivos. Além disso, o CO₂ também é gerado em processos de combustão e de produção de energia, como ocorre nos transportes.

Segundo Apte *et al.* (2000) existe uma forte correlação entre os níveis elevados de CO₂ no ar interior e a prevalência de sintomas da SBS, entre os ocupantes de um edifício. Este composto químico pode actuar como irritante no sistema respiratório, quando se encontra em concentrações elevadas no ambiente. É necessária a exposição a concentrações extremamente altas (acima de 30.000 ppm) para que ocorram danos significativos para a saúde humana. Em concentrações moderadas, o CO₂ pode causar desconforto e a sensação de que o ambiente está “abafado” (Jones, 1999).

De facto, níveis elevados de concentração de CO₂ podem causar dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, fadiga e algumas dificuldades respiratórias, não como consequência da sua toxicidade, mas como resultado de uma ocupação deste gás em detrimento do oxigénio (O₂), necessário à respiração e ao metabolismo humano (Martínez e Gómez, 2007).

Os níveis de CO₂ em ambiente interior estão relacionados com o número de ocupantes desse espaço, sendo maior a sua concentração nos edifícios onde os ocupantes permanecem longos períodos de tempo.

Em ambientes interiores, os níveis de CO₂ são indicadores da eficiência de ventilação (SCE, NT-SCE-02). Altas concentrações de CO₂ evidenciam a falta de renovação de ar nos locais e uma possível acumulação de outros gases tóxicos e odores,

já que a falta de ventilação não permite a diluição dos mesmos a concentrações aceitáveis.

Segundo o documento de referência 62-1989, *Ventilation for acceptable indoor air quality* da ASHRAE, o arejamento é insuficiente, para níveis de CO₂ superiores a 1800 mg/m³ (1000 ppm). A legislação portuguesa, RSECE, também está de acordo com este limite.

Salienta-se, no entanto, que diversos autores referem que concentrações de CO₂ inferiores a 1000 ppm nem sempre garantem que a taxa de ventilação é adequada para a remoção de poluentes resultantes de outras fontes internas (Shendell *et al.*, 2004; Daisey *et al.*, 2003; Kinshella *et al.*, 2001).

3.3. Parâmetros biológicos

Os ambientes interiores contêm uma mistura complexa de microrganismos viáveis e não viáveis, alergénios e outros químicos. Certos estudos revelam que as concentrações de alguns desses microrganismos são mais elevadas em ambientes interiores com humidade elevada, podendo aqueles afectar a saúde das pessoas. Em particular, as partículas de pó e os fungos, associados a estes ambientes, produzem alergénios que se conhece estarem associados a alergias e à asma. Alguns fungos produzem também toxinas irritantes com efeitos nefastos na saúde respiratória (WHO, 2009).

Segundo Cooley *et al.* (1998) a importância da análise de bioaerossóis em hospitais tem sido enfatizada por estarem relacionados com a saúde humana, levando ao aparecimento de patologias, que vão de alergias a infecções disseminadas em doentes susceptíveis.

O aumento da prevalência da asma e outras doenças respiratórias veio, assim, alertar que os bioaerossóis interiores e outros alergénios podem ter um papel muito importante na origem daquelas patologias.

De entre os diversos microrganismos que afectam a QAI, os fungos estão entre os poluentes do ar interior mais importantes e menos “compreendidos”, sendo praticamente omnipresentes nos ambientes urbanos (Burge, 2004).

3.4. Critérios de referência

Um padrão de qualidade do ar define um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a protecção, saúde e bem-estar, daqueles que estão inseridos num determinado meio. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos sobre os prejuízos causados por poluentes específicos e são fixados em níveis que garantam uma segurança adequada. Se qualquer um dos parâmetros ambientais descritos ultrapassar os valores de referência para o ar interior, passa a ser considerado *poluente*.

A exposição a um poluente pode ser definida como uma resposta do indivíduo, a partir do momento em que este contacta o poluente, durante um determinado período de tempo (WHO Regional Office for Europe, 2006). A probabilidade de exposições a múltiplos poluentes é muito elevada. Sabe-se também que a exposição aos poluentes pode evidenciar diferentes efeitos nocivos ao ser humano, dependendo da dinâmica dos poluentes e dos parâmetros físico-químicos presentes nos ambientes interiores. A possibilidade de efeitos sinérgicos decorrentes de exposições a baixas concentrações tem sido assinalada na literatura (Costa e Costa, 2006; Hogue, 2000).

A tabela 1 refere as concentrações de referência dos parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados neste estudo, que supõe a existência de ar condicionado. Outras condições seriam as de conforto para edifícios sem ar condicionado (ASHRAE, 2004)

Relativamente ao CO₂, o critério de conformidade exigido pelo SCE (NT-SCE-02) é expresso pela seguinte equação:

$$([\text{CO}_2]_{\text{MedT}} - [\text{CO}_2]_{\text{Ext}}) \times \frac{N_{\text{ocup.max}}}{N_{\text{ocup}}} + [\text{CO}_2]_{\text{Ext}} \leq [\text{CO}_2]_{\text{MR}}$$

MedT - valor médio de CO₂ para cada ponto de amostragem

MR - valor de referência

Para se considerar conforme a condição acima indicada deve-se verificá-la para todos os pontos de medição deste parâmetro.

Tabela 1 - Condições de referência para ambientes de conforto

Parâmetros	Valores de referência	
Humidade Relativa	Estação de aquecimento	50% ^{a)} 30% < HR < 70% ^{b)}
	Estação de arrefecimento	30% < HR < 65% ^{c)}
Temperatura	Estação de aquecimento	20°C ^{a)} 20°C < T < 24°C ^{b)} 20°C < T < 23,6°C ^{c)} 19,5°C < T < 24,5°C ^{d)}
		Estação de arrefecimento
	Dióxido de carbono	
	Fungos	500 UFC/m ³ e) f)

a) Recomendações definidas no RCCTE

b) Recomendações de conforto térmico descritas na norma ISO 7730

c) *Indoor Air Quality Association*- IAQA

d) Recomendações de conforto térmico descritas na norma ASHRAE 55-2004 para espaços com ar condicionado

e) Recomendações definidas no RSECE

f) UFC (esta unidade está explicitamente apresentada no capítulo III)

Relativamente ao padrão de referência relativo aos fungos é de salientar que, de forma a completar o definido no RSECE, o Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do ar Interior nos Edifícios (SCE) estabeleceu uma Nota Técnica (NT-SCE-02), que refere que, no caso destes microrganismos, é ainda condição específica de não-conformidade num determinado edifício, a verificação de qualquer das seguintes condições:

- a) Existência de crescimento visível de fungos em qualquer superfície
- b) Concentração de fungos no interior superior à detectada no exterior

Nos casos em que se verifique a condição b) anterior, deve-se ter em atenção a ocorrência das seguintes situações de perigosidade:

- concentração de uma só espécie pouco comum ≥ 50 UFC/m³
- misturas de espécies pouco comuns ≥ 150 UFC/m³
- presença confirmada de fungos patogénicos ou toxigénicos: (*Stachybotrys chartarum*, *Stachybotrys atra*, *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Histoplasma capsulatum* e *Cryptococcus neoformans*)

4. Estratégias de controlo da QAI

Uma boa QAI deve ser assegurada com a finalidade de evitar que poluentes perigosos atinjam concentrações que possam pôr em risco a saúde dos ocupantes, mantendo, simultaneamente, um ambiente agradável (Viegas, 2000). Desde que a qualidade do ar exterior seja aceitável, pode-se obter uma boa QAI recorrendo a uma adequada ventilação desses espaços.

Os edifícios hospitalares necessitam de sistemas de climatização bem projectados, que forneçam taxas de ventilação adequadas para garantir o conforto e bem-estar dos seus ocupantes, bem como o controlo de poluentes nos ambientes. De facto, em hospitais, a presença de poluentes cria condições que podem comprometer a recuperação dos doentes, além de afectar a saúde e produtividade dos profissionais (Helmis *et al.*, 2007).

A QAI pode ser controlada, quer através de uma estratégia de controlo na fonte, quer através de estratégias de ventilação adequadas.

O controlo na fonte é a técnica mais adequada na prevenção da QAI, uma vez que os problemas se resolvem com mais facilidade quando tratados na origem, prevenindo assim o seu aparecimento. Este tipo de controlo consiste em reduzir a concentração de poluentes nos espaços interiores através da substituição ou eliminação das fontes emissoras desses poluentes. No entanto, apesar de todo o rigor com que uma estratégia de controlo na fonte é implementada, será sempre impossível evitar a existência de fontes de emissão de poluentes nos espaços interiores. A ventilação poderá surgir como a estratégia alternativa.

Como principais estratégias de ventilação, referem-se as seguintes:

- exaustão localizada: extracção dos poluentes junto à fonte de emissão;
- diluição: diluição da concentração dos poluentes interiores através da insuflação de ar novo no espaço e conseqüente extracção do ar interior "viciado";
- remoção: remoção dos poluentes interiores por filtragem. A filtragem aparece geralmente associada ao sistema de ventilação que promove também a diluição.

A ventilação, como processo de insuflação ou extracção de ar, referente a um espaço, intencional ou não, por meios naturais ou mecânicos e em que o ar pode ou não ser previamente condicionado (ASHRAE, 1997), é então uma das estratégias

fundamentais para promover a QAI. A ventilação mecânica desempenha um papel decisivo no conforto térmico do edifício e tem vindo a tornar-se progressivamente um dos processos mais importantes de troca de ar entre o exterior e o interior dos edifícios, pelo que é imprescindível tomar medidas de controlo na sua utilização. No entanto, é importante reforçar que ventilação não significa só “introduzir” ar novo num espaço, é importante assegurar uma “mistura” do ar no seu interior. O parâmetro relevante aqui é a **eficiência da ventilação**.

A figura 6 apresenta os factores condicionantes do controlo da QAI.

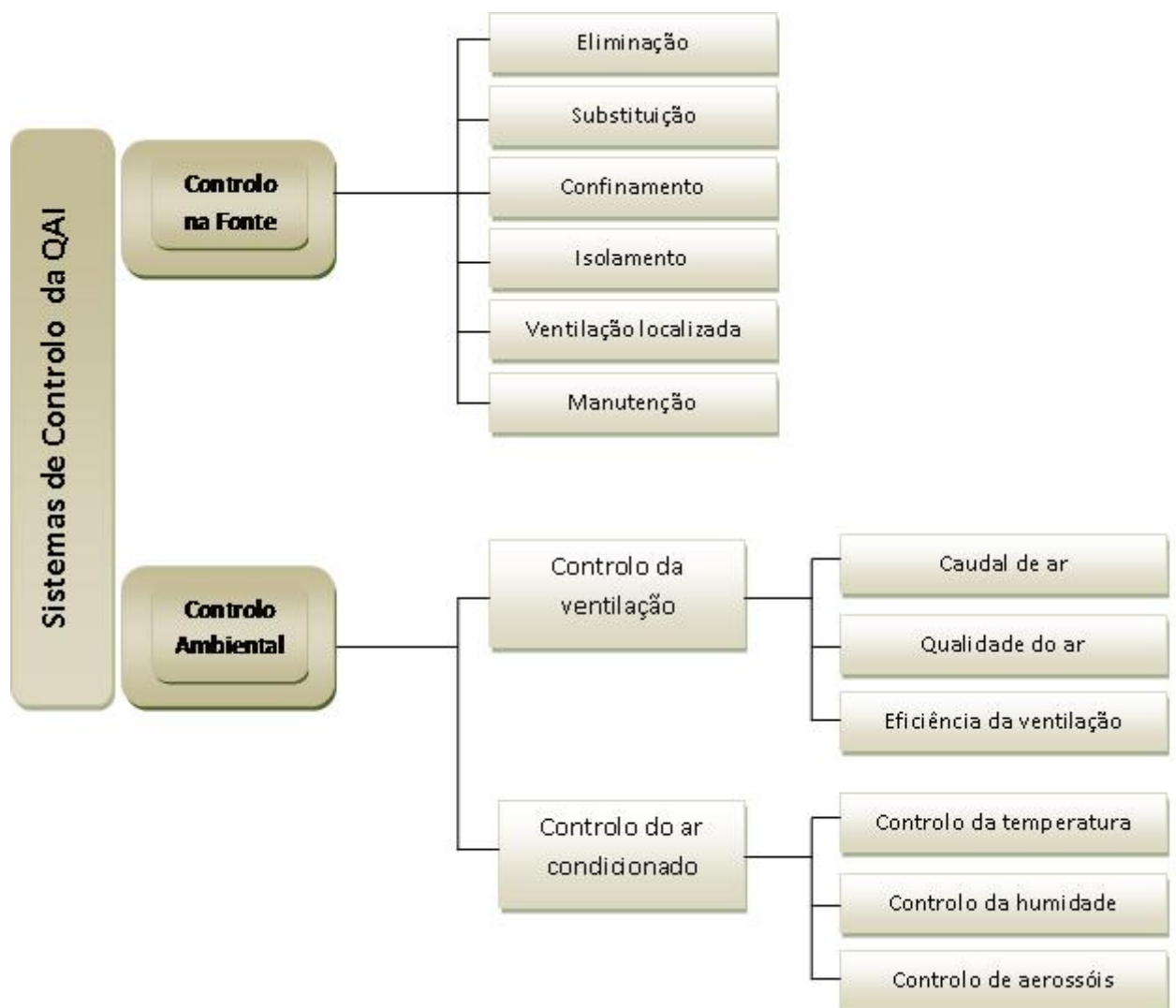


Figura 6 - Sistemas de controlo da QAI (adaptado de Martínez e Gómez, 2007)

O controlo na fonte e o controlo ambiental podem ser efectuados de diversas formas, segundo as exigências de cada espaço interior. Saliente-se que, muitas vezes, a

utilização de uns e de outros métodos para o controlo da QAI dependerá das características específicas quer da fonte, quer dos sistemas de controlo ambiental, em que em muitas ocasiões os métodos planeados não podem ser aplicados.

Um edifício saudável e sustentável necessita de conjugar os factores, baixo consumo energético, durabilidade, reciclagem e utilização de materiais e técnicas construtivas que reduzam a susceptibilidade aos contaminantes, de forma a assegurar uma boa qualidade dos ambientes interiores (Loftness *et al.*, 2007).

5. Fungos

5.1. Aspectos Gerais

Os fungos são seres vivos eucariontes heterotróficos, na sua maioria multicelulares (podendo existir espécies unicelulares), constituindo um grupo de organismos muito importante, diversificado e curioso.

Encontram-se descritas cerca de 100.000 espécies de fungos, que desempenham um papel importante na vida do Homem, quer de uma maneira benéfica, quer de um modo prejudicial, sendo que cerca de 150 espécies são reconhecidas como patogénicas para o Homem e outros animais (Ferreira e Sousa, 2000).

As espécies fúngicas microscópicas são as que mais preocupam os cientistas na relação com a saúde humana, devido à sua fácil disseminação e, portanto, grande potencialidade na propagação de doenças.

Os fungos apresentam diversas formas nutricionais de sobrevivência, distinguindo-se os parasitas e os saprófitas (decompositores). Os fungos parasitas desenvolvem-se à custa de outro organismo vivo, prejudicando-o e causando-lhe lesões (infecções e doenças). Já os fungos saprófitas são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, seu principal substrato. Assim, estes fungos apresentam uma capacidade de decomposição que pode ser um problema para o Homem, pois desenvolvem-se sobre a matéria orgânica morta, sendo capazes de destruir os alimentos, as roupas, as madeiras, certos tipos de plástico e mesmo outro tipo de materiais. Estes seres vivos desempenham um papel vital como decompositores, dando origem a moléculas simples que usam no seu metabolismo e a produtos biológicos tóxicos (Frew, 2004).

Os fungos ocorrem numa grande variedade de ambientes, podendo ser encontrados no ar, água, solo, plantas e, eventualmente, em qualquer superfície (Frew, 2004).

A concentração de fungos na atmosfera é afectada por factores biológicos e ambientais (Stepalska e Wolek, 2005), variando muito com a natureza, a estação do ano, a localização geográfica, o clima e outros factores físicos (Aydogdu e Asan, 2008; Abdel Hameed *et al.*, 2007).

De acordo com vários estudos, nomeadamente os de El-Morsy (2006) e Kasprzyk e Worek (2006), os esporos fúngicos estão presentes em vários ambientes por todo o mundo e sabe-se que aqueles variam com a estação do ano, devido às mudanças climáticas (Aydogdu e Asan, 2008). Além disso, parâmetros como o vento, a humidade, a temperatura, a altitude e a vegetação afectam a concentração de fungos no ar (Aydogdu e Asan, 2008; Topbas *et al.*, 2006; Asan *et al.*, 2002).

Os fungos podem, essencialmente, desenvolver-se a temperaturas entre os -5°C e os 50°C , ou ainda a temperaturas superiores, embora algumas espécies cresçam em gamas de temperaturas inferiores (Horner *et al.*, 1995).

A maior parte dos fungos presentes no ar interior cresce a temperaturas entre $10-35^{\circ}\text{C}$, que são as temperaturas mais comuns naqueles ambientes. Embora os nutrientes e a temperatura não sejam, por si só, factores primordiais para o crescimento de fungos, aqueles factores podem afectar a velocidade de crescimento e a produção de certos metabolitos e alergénios (Nielsen *et al.*, 1999; Institute of Medicine, 2000). De facto, o teor de humidade continua a ser um factor fundamental para o desenvolvimento fúngico, como é indicado em estudos de campo, que revelam elevadas concentrações de fungos e esporos em casas com humidade elevada (Gallup *et al.*, 1987; Waegemaekers *et al.*, 1989; Douwes *et al.*, 1999).

De acordo com Aydogdu e Asan (2008), Liao *et al.* (2004) e Wu *et al.* (2000), a principal origem dos fungos que se encontram em ambientes interiores é o ar exterior. Assim, os níveis interiores de fungos são geralmente mais baixos do que os exteriores, mas estes podem elevar-se em edificios com elevado teor de humidade (Flannigan *et al.*, 2001).

Os fungos existentes no ar interior, em ambiente hospitalar, podem ser transportados para aquele ambiente pela superfície de novos materiais de construção, pela roupa e através da ventilação activa ou passiva (WHO, 2009; Leung e Chan, 2006).

A sensibilização para a problemática dos fungos no ar tem revelado que estes microrganismos constituem um factor de risco para várias doenças respiratórias em crianças e adultos (Gómez de Ana *et al.*, 2006; Downs *et al.*, 2001; O'Hollaren *et al.*, 1991). As respostas alérgicas (asma, rinite alérgica, pneumonia de hipersensibilidade) são as patologias mais comuns associadas à inalação de fungos (Bruce e Miller, 2005).

5.2. Organização estrutural

Em geral, os fungos pluricelulares são constituídos por uma rede de filamentos ramificados chamados hifas. Daí designarem-se por filamentosos.

As hifas iniciam-se como formações tubulares a partir de esporos (células a partir das quais se pode desenvolver um novo organismo) e o seu crescimento faz-se por alongamento do topo ou zona apical e por ramificações laterais. O micélio é constituído por uma rede mais ou menos densa de filamentos (Figura 7).

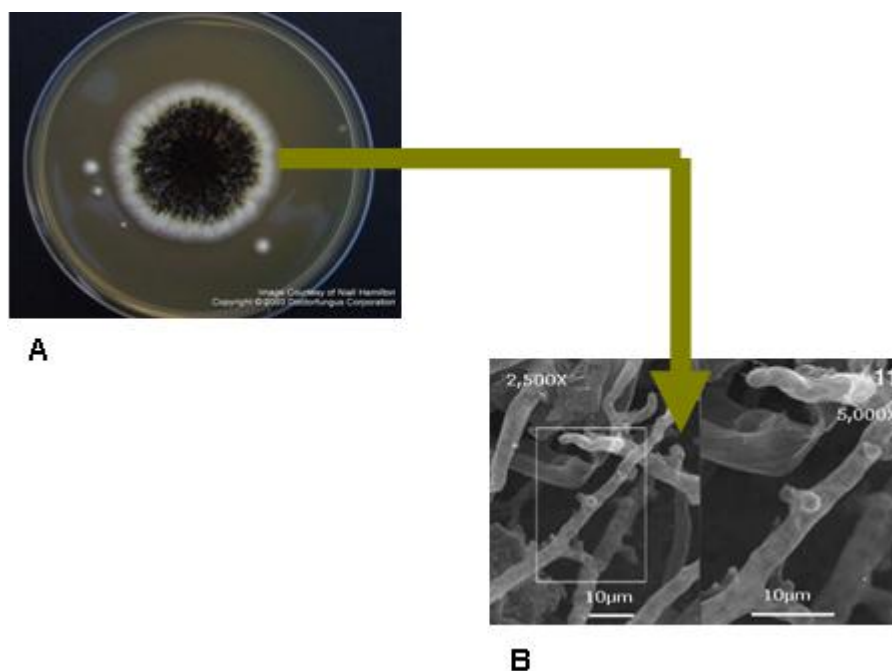


Figura 7 - Micélio de um fungo. A – Estrutura macroscópica; B – Estrutura microscópica, visualização das hifas

A estrutura filamentosa do micélio confere-lhe uma grande superfície, através da qual se realiza a absorção de nutrientes, junto ao substrato (fonte de alimento).

Os fungos apresentam processos de reprodução muito peculiares que constituem a base da sua classificação, produzindo esporos por processos sexuais, assexuais ou ambos. Estes seres vivos pertencem essencialmente às seguintes divisões: Ascomycota, Basidiomycota, Zigomicota, Deuteromycota (Madigan *et al.*, 2003; Ferreira e Sousa, 2000).

As espécies que interferem de forma mais acentuada na contaminação de um ambiente interior inserem-se, essencialmente, na divisão Ascomicota e Deuteromicota, podendo existir géneros de outras divisões. Os fungos que se incluem neste último grupo são considerados “*fungos imperfeitos*”. Embora não se lhes conheça reprodução sexuada, muitas das suas características aparentam-nos com os Ascomicota (Ferreira e Sousa, 2000).

Os esporos que geralmente predominam no meio ambiente são os conídios (ou exósporos), obtidos por reprodução assexuada. Os conídios são produzidos por células especiais, denominadas células conidiogénicas, que podem estar assentes em estruturas diferenciadas designadas conidióforos (Figura 8). Os conídios dos fungos filamentosos são veículo de dispersão ambiental com características muito particulares.

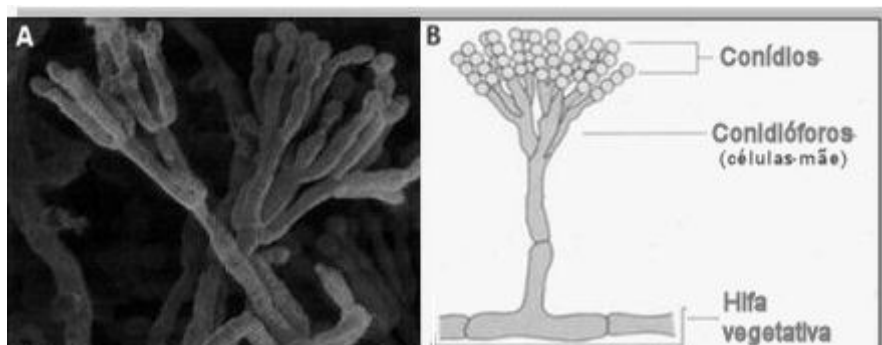


Figura 8 - Microfotografia de *Penicillium* spp. (A) e sua representação esquemática (B)

5.3. Dispersão

O ar que respiramos raramente está isento de esporos de fungos. Além de esporos, a atmosfera também pode conter fragmentos de hifas cuja concentração é, igualmente, variável.

A maioria dos esporos nas atmosferas exteriores provém de fungos que infectam as plantas e de fungos saprófitas. Realça-se que a velocidade do ar, as condições atmosféricas, a estrutura da colónia e condições propícias de humidade podem afectar o ritmo de libertação de esporos ou fragmentos fúngicos (Gorny, 2004).

Os esporos dos fungos, estruturas de elevada resistência, são facilmente levados pelo ar e pela água e germinam se caírem num meio em que exista alimento e que seja propício ao seu desenvolvimento. Aquelas estruturas são muito importantes na

dispersão dos fungos e contribuem para a enorme área de distribuição geográfica de muitas espécies.

A inalação de esporos e fragmentos de hifas pode causar doenças alérgicas, infecciosas ou tóxicas dependendo da natureza do fungo, da extensão da exposição e do estado de saúde do hospedeiro (National Academy of Sciences, 2004).

A dispersão dos fungos em ambientes interiores e a sua subsequente inalação são compreendidos apenas parcialmente, mas dois mecanismos têm particular importância (WHO, 2009):

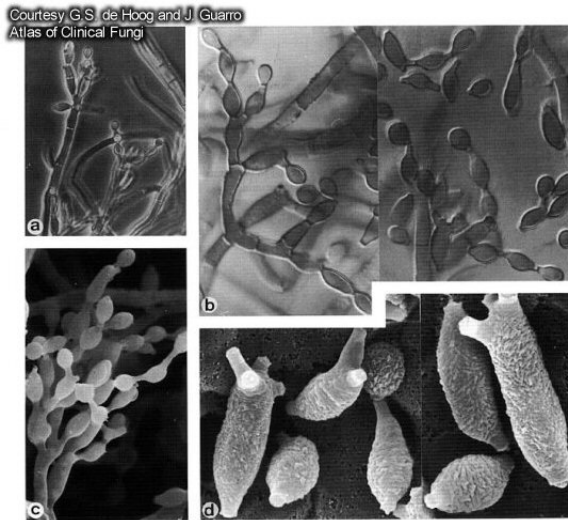
- libertação de esporos por descarga activa, a movimentação do ar interior ou a perturbação física causada por pessoas;
- suspensão de matéria fúngica acumulada devido às actividades humanas.

Os esporos, uma vez libertados das respectivas estruturas podem ser transportados pelo ar, entrando facilmente nos edifícios através de portas, janelas e sistemas de ventilação. Os animais e as pessoas, assim como os seus bens pessoais, podem funcionar como veículos para os propágulos fúngicos, os quais se desenvolvem ao encontrarem um habitat propício (Berg, 2004; Hossain *et al.*, 2004; Gots *et al.*, 2003; Etzel *et al.*, 1998).

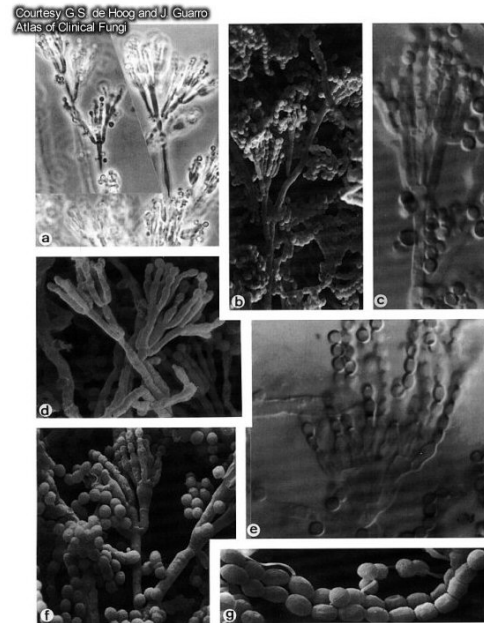
Nos ambientes interiores têm sido, igualmente, encontrados fungos, que produzem esporos que crescem à superfície de produtos alimentares (domésticos ou armazenados) ou de substratos orgânicos, como o papel de parede, os tecidos, as madeiras do mobiliário e as tintas.

Os fungos mais frequentes em ambientes interiores pertencem aos géneros *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus* e *Penicillium* (Galante *et al.*, 2006; Jo e Seo, 2005). Na figura 9 representam-se as estruturas reprodutoras dos géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Alternaria*.

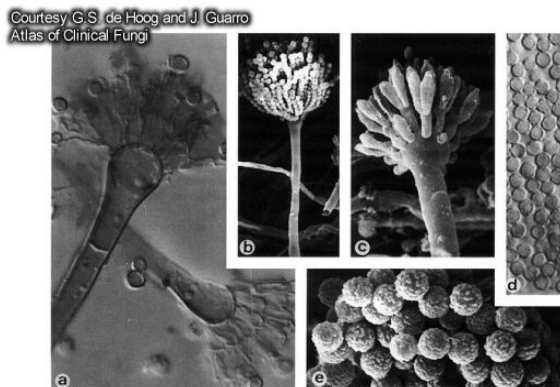
Estudos recentes realizados em centros de cuidados de dia para crianças, na Turquia, continuam a comprovar o predomínio destes géneros em ambientes interiores, sendo o género *Cladosporium* o predominante, seguido de *Penicillium*, *Alternaria* e *Aspergillus* (Aydogdu e Asan, 2008). É de realçar que os géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, e *Stachybotrys* podem compreender espécies muito tóxicas (Fischer e Dott, 2003).



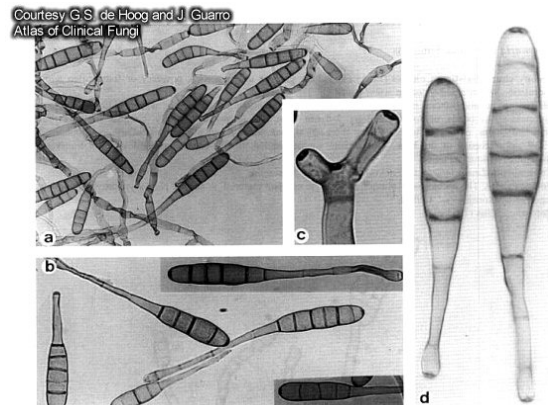
Microfotografia de fungos do género *Cladosporium*: Conidióforos e Conídios. a. 512x, b. 1600x, c. 1900x, d. 5900x



Microfotografia de fungos do género *Penicillium*: Conidióforos e Conídios. a. 512x, b. 1030x, c. 1280x, d. 1850x, e. 1280x. f. 2550x, g. 3550x



Microfotografia de fungos do género *Aspergillus*: Conidióforos e Conídios. a. 1600x, b. 780x, c. 2150x, d. 1600x, e. 4200x



Microfotografia de fungos do género *Alternaria*: Conidióforos (em detalhe) e Conídios. a. 312x, b. 520x, c. e d. 1600x

Figura 9 – Microfotografias dos géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Alternaria*

(adaptado do site <http://www.doctorfungus.org/>)

A importância na monitorização de *Penicillium* spp. acresce pelo facto de este género ter sido repetidamente associado à síndrome dos edifícios doentes (Cooley *et al.*, 1998; Rea *et al.*, 2003) e à produção de compostos voláteis e de micotoxinas (Kuhn e Ghannoum, 2003). Recentemente o género *Penicillium* foi associado a sintomas de asma nas crianças (Turyk *et al.*, 2006).

De acordo com Araújo *et al.* (2008), a avaliação dos níveis de *Penicillium* spp., numa unidade hospitalar, forneceu informação importante relativamente à concentração fúngica presente no ar, por este género se tratar de um excelente bioindicador dos níveis fúngicos em ambientes interiores.

Falvey e Streinfel (2007) fizeram a monitorização de fungos do género *Aspergillus* num hospital universitário, durante 10 anos, e afirmaram ser “impossível”, sem a aplicação de medidas pouco práticas, manter um ambiente interno completamente desprovido de *Aspergillus*.

Aspergillus spp. tem uma distribuição ubíqua no meio ambiente e pode estar presente no solo e em matéria orgânica em decomposição (fungos saprófitas). A renovação de instalações e/ou construção das mesmas podem causar poeira contaminada com *Aspergillus* spp. e produzir deslocções de ar com esporos destes fungos. Além disso, materiais e equipamentos para o tratamento de doentes podem ficar contaminados com esporos de *Aspergillus* spp. e servirem como fonte de infecção.

O género *Stachybotrys* é encontrado em baixas concentrações no ar ambiente, estando mais associado aos materiais (Hossain *et al.*, 2004).

Os fungos mais comuns dos ambientes exteriores pertencem aos géneros *Cladosporium*, *Alternaria* e às espécies *Epicoccum nigrum* e *Botrytis cinerea*, contribuindo com mais de 90% dos fungos totais. Os fungos dos géneros *Penicillium* e *Aspergillus* surgem no ar exterior com uma frequência de 2%-10% e 1%-3%, respectivamente (Hossain *et al.*, 2004; Fischer e Dott, 2003).

O estudo já referenciado, realizado nos centros de cuidados de dia na Turquia, refere que o género *Cladosporium* foi o predominante também em ambientes exteriores, seguido de *Alternaria*, *Penicillium* e *Aspergillus* (Aydogdu e Asan, 2008).

Outros estudos relativos à influência das variações sazonais no crescimento fúngico descrevem-se seguidamente.

Uma investigação realizada em Barcelona, para determinar a concentração de fungos dos géneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* e *Penicillium* permitiu

verificar que, em todas as amostras (exterior e interior), a maior prevalência dos quatro géneros, foi no Outono (73%), seguida do Verão (64,3%), Inverno (55,7%) e Primavera (49,2%). No geral, *Cladosporium* constitui o género encontrado em maior concentração (78%), seguido de *Penicillium* (71%), *Aspergillus* (46%) e *Alternaria* (44,5%). Neste mesmo estudo observou-se também que a concentração de fungos foi ligeiramente superior no ar exterior (66,2%), do que no ar interior (57,8%), salientando-se que a diferença registada não tem significado estatístico (Gómez de Ana *et al.*, 2006).

Segundo Nolar (1997), os fungos, como os dos géneros *Aspergillus* e *Penicillium*, são muito menos comuns no ar exterior nos climas temperados. Aqueles são detectados em maior concentração no exterior, no Outono, associados a partículas.

5.4. Substâncias metabólicas

Além de esporos os fungos podem produzir determinadas substâncias metabólicas, como as micotoxinas e os compostos orgânicos voláteis (COVs), que podem interferir na saúde das pessoas.

5.4.1. Micotoxinas

Os fungos filamentosos são em geral capazes de produzir uma grande variedade de micotoxinas, no entanto, apenas um número restrito de espécies produz estes metabolitos com propriedades tóxicas, daí a origem do nome ‘micotoxina’.

Assim, por micotoxina entende-se os metabolitos secundários com origem em fungos filamentosos que, mesmo em baixa dose, são tóxicos para os seres humanos e muitos outros animais (Bruce e Miller, 2005; Nielson, 2002; Santos *et al.*, 1998), podendo interferir, nomeadamente, com a síntese de RNA e, portanto, causar danos no DNA. Além disso, segundo Gloer (1995) muitos dos compostos que constituem as micotoxinas são tóxicos para as plantas, bactérias e outros fungos.

As micotoxinas são compostos que representam um diverso grupo químico de compostos orgânicos, não voláteis, de baixa massa molecular (abaixo dos 1500 Da) e

não proteicos (Hossain *et al.*, 2004; McGinnis, 2004; Nielsen, 2003; Peraica *et al.*, 1999).

Estes metabolitos são derivados da biossíntese de aminoácidos, ácido chiquimíco ou manolil CoA. As micotoxinas formam-se dentro das hifas, sendo expelidas para o meio ambiente ou, caso permaneçam nestas, são incorporadas nos esporos (conídios), durante a conidiogénese (McGinnis, 2004; Fischer e Dott, 2003; Husman, 1996).

As condições favoráveis para a produção de micotoxinas relacionam-se com os seguintes aspectos: tipo de substrato disponível, humidade, actividade em água, temperatura, pH, relação entre o CO₂ e o O₂, danos mecânicos ou causados por insectos, resistência dos conídios, microrganismos competitivos, interacções microbianas e maturidade do fungo (McGinnis, 2004; Nielsen, 2003).

Os materiais de construção danificados por infiltrações são frequentemente contaminados com fungos produtores de quantidades significativas de micotoxinas. Estas podem vir a constituir bioaerossóis e contribuir para a poluição do ar interior.

A lista das micotoxinas conhecida é bastante extensa, por vezes apresentando estruturas similares, e varia desde os simples sesquiterpenos, como os limonenos, aos complexos heterocíclicos, como a ciclosporina (Portnoy *et al.*, 2004).

As famílias de micotoxinas mais comuns são as seguintes: aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas, tricotecinas e zearalenona. Estudos de Peraica *et al.* (1999) referem que as tricotecinas podem estar envolvidas no desenvolvimento da síndrome do edifício doente, tendo sido já detectadas em diversas amostras de ar de edifícios.

Para o ser humano e outros animais, as principais formas de exposição às micotoxinas são as vias aéreas, as vias digestivas ou o contacto com a pele, sendo aquelas rapidamente absorvidas, uma vez que a maioria daqueles compostos são lipossolúveis (McGinnis, 2004; Etzel *et al.*, 1998; Husman, 1996).

Outros estudos indicam que alguns metabolitos secundários encontrados no ar interior podem ser responsáveis por problemas de saúde dos seus ocupantes (Croft *et al.*, 1986). Entende-se por micotoxicose a doença resultante por exposição a micotoxinas (Cast, 2003). São também vários os estudos que referem a relação das micotoxinas, libertadas pelos esporos fúngicos e/ou pelos fragmentos fúngicos, depois da inalação, com os respectivos efeitos na saúde (Nielsen, 2003; Jarvis *et al.*, 1998; Sorenson *et al.*, 1987; Croft *et al.*, 1986).

Além disso, as micotoxinas encontram-se associadas a poeiras, pelo que estas substâncias podem penetrar os alvéolos pulmonares, causando alterações imunológicas e inflamatórias locais, entre outros efeitos.

Análises químicas têm sido muito eficazes no estudo dos géneros *Aspergillus* e *Penicillium*, onde há uma clara relação entre a produção de metabolitos secundários e certas espécies. Estas relações entre a produção de micotoxinas e a respectiva espécie seriam muito difíceis de identificar pelos métodos clássicos de microscopia (Nielsen, 2003; Andersen e Frisvad, 2002; Frisvad *et al.*, 1998).

Fungos do género *Penicillium* produzem muito pequenas quantidades de metabolitos secundários quando crescem nos materiais de construção. O mesmo acontece para todas as espécies do género *Aspergillus*, com excepção de *A. versicolor*. Esta espécie de fungo produz uma micotoxina que pode representar até 1% da sua biomassa. A exposição a esta micotoxina pode ocorrer através de microfragmentos derivados de colónias, uma vez que esta espécie produz poucos esporos (Nielsen, 2003).

Outras micotoxinas, como a aflatoxina, produzida por *A. flavus* e *A. parasiticus* são perigosos carcinogéneos (Eduard, 2006).

Perante o que foi exposto, para que seja possível uma maior evolução no estudo de micotoxinas em edifícios é necessário a intervenção de profissionais de várias áreas, visto que este é um tema multidisciplinar que exige conhecimentos de química associada à taxonomia, metabolismo fúngico e respectivas vias de biossíntese de moléculas, fisiologia e crescimento fúngico, química analítica e toxicologia. É também importante a colaboração com especialistas na identificação de fungos (Li e Yang, 2004).

5.4.2. COVs

Os compostos orgânicos voláteis – COVs (VOC, em inglês) são, por definição, substâncias cuja pressão de vapor a 20°C é inferior à pressão atmosférica normal ($1,013 \times 10^5$ Pa) e superior a 130 Pa. A OMS estabeleceu uma classificação para os compostos orgânicos com base no ponto de ebulição à pressão atmosférica - Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos compostos orgânicos de acordo com a OMS (OMS, Cit. por Silva, 2000)

Grupo	Ponto de ebulição (°C)
Compostos orgânicos muito voláteis (COMV)	< 0 a 50 ^{b)} – 100 ^{a)}
Compostos orgânicos voláteis (COV)	50 ^{b)} -100 ^{a)} a 240 ^{b)} -260 ^{a)}
Compostos orgânicos semi-voláteis (COSV)	240 ^{b)} -260 ^{a)} a 380 ^{b)} -400 ^{a)}
Compostos orgânicos de matéria particulada (MOP)	> 400 ^{a)}

a) compostos polares

b) compostos apolares

Os COVs são encontrados em maior concentração em ambientes interiores do que exteriores. Por este motivo esta é a classe de compostos mais frequente e mais estudada nos ambientes interiores. Refere-se que os COVs que podem ser identificados no ar interior têm origem em materiais de construção, mobiliário, produtos de limpeza ou actividades humanas. Os COVs detectáveis num edifício podem consistir em centenas de diferentes compostos, o que torna a análise e avaliação dos riscos (incluindo efeitos combinados) e o estabelecimento de limites de exposição uma tarefa bastante complicada. Dadas as baixas concentrações normalmente existentes no interior de edifícios, a avaliação sensorial tem sido apresentada como constituindo uma componente muito importante na caracterização da QAI (Silva, 2000).

Os fungos podem também desenvolver-se em materiais de construção e libertar COVs, como produtos do seu metabolismo. Estes compostos são normalmente designados por COVM - compostos orgânicos voláteis de origem microbiológica (MVOC, em inglês). Dos compostos mais representativos desse grupo constam cetonas contendo o grupo funcional na posição 2, aldeídos, álcoois e terpenos. Estes compostos têm geralmente um limite de odor muito baixo, pelo que mesmo em concentrações muito baixas podem ser incomodativos e irritantes. O formaldeído, composto carcinogénico, é também um produto metabólico dos fungos.

Na tabela 3 podem observar-se alguns exemplos de COVM.

Tabela 3 - Exemplos de COVM emitidos no ambiente interior

Fonte	COVM típicos emitidos
Tinta	3-metil-furano, 1-octeno-2-ol, 2-octeno-1-ol ¹
Sala de aula	3-metilfurano, 3-metil-1-butanol, 2-metil-1-butanol, 2-pentanol, 2-heptanona, 3-octanona, 3-octanol, 1-octen-3-ol, 2-octen-1-ol, 2-metil-isoborneol, geosmim, 2-isopropil-3-metoxi-pirazina ²
Painel de derivado de madeira danificado	formaldeído ³
Cortiça atacada por fungos	3-metil-1-butanol, 1-octen-3-ol, 1-octanol, 2-metilisoborneol, compostos clorados e metilcetonas ⁴
Filtros de sistemas de ar condicionado	2-pentanona, 2-hexanona, α -pineno, canfeno, 2-heptanona, β -pineno, limoneno, 1-octen-2-ol, 3-octanol, 2-octanol, 2-metil-1-hexanol, 1-octanol ⁵

¹Norback *et al.*, 1995; ²Smedge *et al.*, 1996; ³Thogersen *et al.*, 1993; ⁴Rocha *et al.*, 1996;

⁵Clausen e Oliveira Fernandes, 1997

Segundo Fischer *et al.* (1999), muitos COVMs específicos de algumas espécies podem ser utilizados como marcadores para a identificação selectiva de espécies de fungos de ar interior. No entanto, como poucos destes compostos são específicos dos fungos, a medição dos COVMs tem pouca aplicação na identificação de crescimento fúngico em ambientes interiores. Porém a detecção de COVMs específicos permite tirar conclusões sobre o desenvolvimento de fungos mesmo que os resultados não sejam quantitativos (Moularat *et al.*, 2008ab)

De entre os diversos efeitos na saúde provocados pelos COVMs pode-se referir: irritação nas mucosas e compressão no sistema nervoso central, resultando em dores de cabeça, atenção reduzida, incapacidade de concentração ou vertigens. Estes compostos podem também levar a respostas sensoriais e motoras, resultando num estímulo para conter a respiração, desconforto, parestesia, prurido, ardor ou sensibilidade da pele (McGinnis, 2004; Portnoy *et al.*, 2004). Os COVMs são também responsáveis por vários dos sintomas de irritação associados com a humidade e a presença fúngica.

5.5. Parâmetros favoráveis: humidade relativa e actividade em água

De acordo com Cox-Ganser *et al.* (2009) têm tido cada vez mais importância os estudos que associam o facto de se viver e trabalhar em ambientes húmidos com efeitos adversos na saúde respiratória, incluindo asma. Este autor acrescenta que os profissionais de saúde estão expostos a um risco acrescido para desenvolver asma devido à permanência de longos períodos de tempo no local de trabalho.

Os casos de asma registados nos profissionais de saúde são originados principalmente pela poluição do ar interior. O bolor foi a causa registada em 5% dos casos de asma em profissionais de saúde (Pechter *et al.*, 2005).

Os fungos, uma vez no interior dos edifícios, germinam rapidamente quando em contacto com superfícies húmidas, ou seja, os fungos germinam e crescem em substratos que estão em equilíbrio com uma humidade relativa abaixo do nível de saturação (WHO, 2009).

Refere-se ainda que algumas espécies específicas de fungos para se desenvolverem estão muito dependentes da actividade em água (a_w - “water activity”) no substrato. A actividade em água é definida como a razão entre a pressão de vapor de água num determinado substrato e a pressão de vapor da água pura (Hurst *et al.*, 2002), medida nas mesmas condições de temperatura e pressão (WHO, 2009). A a_w necessária para o crescimento de fungos em superfícies varia consoante a espécie. Assim, em ambiente interior, os fungos desenvolvem-se de acordo com a a_w que necessitam para o seu melhor desenvolvimento e podem ser divididos da seguinte forma (WHO, 2008a):

- Colonizadores primários (xerofílicos) – apresentam uma capacidade de crescimento para níveis de $a_w < 0,80$.
- Colonizadores secundários – crescem para níveis de $0,80 < a_w < 0,90$.
- Colonizadores terciários (hidrofílicos) – necessitam de níveis de $a_w > 0,90$ para que germinem e possam crescer.

A tabela 4 refere as condições de humidade essenciais para o crescimento de alguns tipos de fungos.

Tabela 4 - Níveis de humidade necessária para o crescimento de alguns microrganismos em materiais de construção e determinados equipamentos (a_w – actividade em água; EHR - humidade relativa, equilíbrio) (adaptada de WHO, 2009)

Nível de humidade	Tipos de microrganismos
Alta ($a_w > 0,90$; ERH > 90%)	<u>Colonizadores terciários (hidrofilicos):</u> <i>Mucor plumbeus</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Stachybotrys atra</i> <i>Ulocladium consortiale</i> Yeast (<i>Rhodotorula</i> spp., <i>Sporobolomyces</i> spp.) <i>Actinomyces</i>
Intermédia ($0,80 < a_w < 0,90$; $80\% < ERH < 90\%$)	<u>Colonizadores secundários:</u> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus versicolor</i> (T = 12°C)
Baixa ($a_w < 0,80$; ERH < 80%)	<u>Colonizadores primários (xerofilicos):</u> <i>Aspergillus versicolor</i> (T = 25°C) <i>Aspergillus glaucus</i> <i>Aspergillus penicillioides</i> <i>Penicillium brevicompactum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>

Embora humidade elevada e alguma condensação nas superfícies ou nos interstícios dos materiais possam ser suficientes para o desenvolvimento de colonizadores primários e secundários, o mesmo não se pode referir para o crescimento de colonizadores terciários. Estes fungos requerem altos níveis de condensação e, portanto, valores de humidade relativa maiores do que 90%. Estes valores podem resultar, por exemplo, de problemas na construção, como o fraco isolamento associado à pouca ventilação ou de danos provocados pelo excesso de água, devido a fugas e inundações (WHO, 2008a).

Mesmo que a humidade relativa mais baixa para a germinação de algumas espécies de fungos seja 62-65%, experiências em edifícios e em materiais de construção indicam que superfícies susceptíveis podem ser mantidas livres do crescimento fúngico se a HR for mantida abaixo dos 75-80%. Acrescenta-se que os fungos não crescem

abaixo de uma HR de 80% (Adan, 1994) ou abaixo de 75%, dentro de um intervalo de temperatura de 5-40°C (Viitanen e Ritschkoff, 1991).

A exposição a micotoxinas nos edifícios parece ocorrer quando a actividade em água (a_w) da superfície dos materiais de construção é superior a 0,90, no entanto, uma grande produção destes compostos só ocorre quando a a_w atinge 0,95 (Nielsen, 2003).

Para a maioria dos espaços hospitalares, os parâmetros de HR para conforto estão compreendidos entre 30%-60%. Percentagens de HR superiores a 60%, para além de serem consideradas não confortáveis, contribuem de forma mais acentuada para o desenvolvimento de fungos (Orme, 1997).

6. Sistemas AVAC

Para assegurar o conforto e a qualidade do ar os edifícios precisam de sistemas auxiliares cuja natureza e dimensão podem ser função da ocupação (ventilação) e do clima (aquecimento e arrefecimento). A ventilação, que em muitos casos pode ser natural através de aberturas (janelas), quando é mecânica vem em geral acompanhada de filtros que permitem reter as partículas do ar exterior. Os sistemas de ar condicionado (AVAC) são os que comportam todas as funções (ventilação, filtragem, aquecimento, arrefecimento). Na sua complexidade comportam cadeias de tubagens com enormes extensões e componentes tais como filtros e baterias de radiadores para o aquecimento e o arrefecimento que são potenciais fontes de poluentes para o ar que os sistemas, segundo se pretende, deveriam assegurar limpo e em condições de conforto.

Mesmo que o projecto e a instalação dos sistemas AVAC estejam de acordo com os critérios técnicos estabelecidos, a QAI dependerá de uma manutenção adequada, ou seja, bem planeada, bem executada e constante.

Segundo o Professor Klaus Fitzner (2001), “um sistema AVAC representa 10% do custo do edifício, e a manutenção fica-se pelos 5% do custo do sistema AVAC. De facto, é muito importante a existência de rotinas de manutenção aos equipamentos dos sistemas, não só na perspectiva de garantir o funcionamento dos equipamentos, sistemas e instalações, no decorrer da sua vida útil, mas também no intuito de fornecer e preservar uma boa QAI.

Em instalações hospitalares os sistemas AVAC são usados com os seguintes objectivos (American Institute of Architects, 2001; Streifel, 1999):

- Manter o conforto térmico;
- Controlar odores;
- Renovar o ar contaminado (nomeadamente pela realização das mudanças necessárias para proteger os doentes e pessoas susceptíveis de microrganismos);
- Reduzir o risco de transmissão de microrganismos.

6.1. Componentes básicos e funcionamento

Os processos básicos de um sistema AVAC são: aquecimento, arrefecimento, humedificação, desumidificação e mistura de caudais de ar.

A figura 10 representa de uma forma simplificada uma instalação típica de um sistema AVAC.

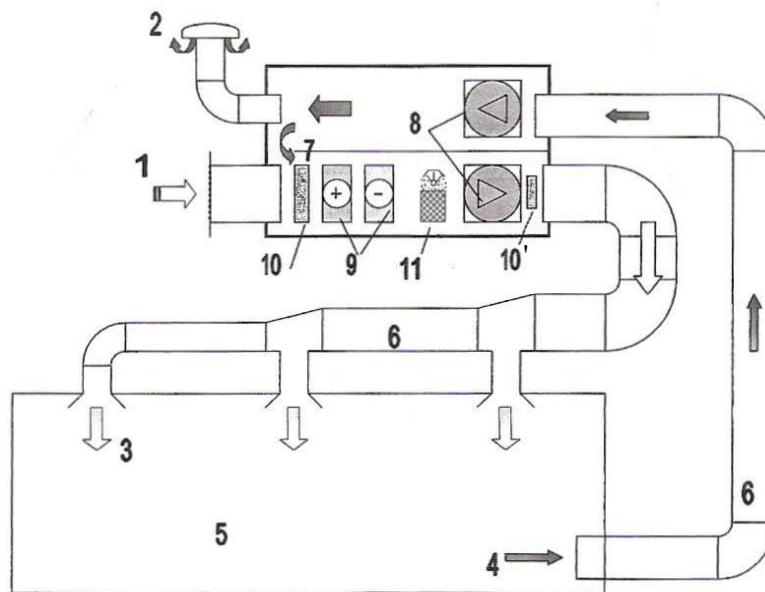


Figura 10 - Esquema genérico de uma instalação de um sistema AVAC

Legenda:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 - Ar Exterior (Ar novo) | 7 - Ar de retorno |
| 2 - Ar rejeitado | 8 - Ventilador |
| 3 - Ar insuflado | 9 - Baterias (permutadores de calor ou serpentinas de água quente e fria) |
| 4 - Ar extraído | 10 - Filtros (pré-filtro, filtro intermédio) |
| 5 - Espaço interior | 10' - Filtro absoluto |
| 6 - Condução de condução de ar | 11 - Humidificador |

Neste tipo de instalação, o ar é tratado num equipamento designado por Unidade de Tratamento de Ar (UTA) (Figura 10) que tem por objectivo garantir a qualidade do ar insuflado e controlar as condições termo-higrométricas do local a climatizar.

De acordo com o sistema AVAC representado na figura 10, o ar insuflado no espaço interior é composto por uma mistura de ar novo e de ar de retorno, tal como se

pode encontrar em alguns compartimentos nos hospitais. No entanto em alguns espaços hospitalares com maior exigência é necessário que o ar seja 100% novo, como é o caso de salas de isolamento ou blocos operatórios. O ar novo garante a ventilação do espaço, enquanto que o ar de retorno tem um desempenho importante na recuperação de energia, uma vez que, ao retornar ao espaço, parte do ar insuflado encontra-se muito próximo das condições de temperatura e humidade relativa pretendidas, pelo que, naturalmente, não será necessário despende de tanta energia durante o processo de aquecimento/arrefecimento. Este equilíbrio da mistura entre o ar exterior e o ar de exaustão é realizado através do registo de ar novo (1) e o registo de ar recirculado (7), respectivamente.

O ‘varrimento’ do ambiente interior por intermédio do ar insuflado e extraído permite que uma parte dos poluentes sejam retirados do local, pois quanto maior é a taxa de renovação do ar melhor a QAI, devendo ter-se em atenção a qualidade do ar exterior. De facto a parcela de ar que não é recirculada (2) é extraída permitindo assim que a concentração dos poluentes remanescentes seja reduzida, por diluição de ar novo, introduzido no espaço interior.

O arrefecimento/arrefecimento do ar é conseguido pela permuta frio/calor através das baterias de água fria/quente para o ar insuflado (9). Estes componentes funcionam, na maioria dos casos, com água aquecida e arrefecida, mas que, em condições de aquecimento, também podem funcionar com vapor e com resistências eléctricas.

As baterias de arrefecimento também desempenham o papel de desumidificação, através da condensação da água contida no ar arrefecido na bateria. A desumidificação verifica-se quando a temperatura média da superfície da bateria de arrefecimento está abaixo do ponto de condensação. O ar arrefece, parte do vapor de água condensa e o ar é desumidificado. A água condensada escorre para um tabuleiro de condensados, colocado por baixo das referidas baterias, e deve ser encaminhado para um esgoto. Se tal não acontecer, esta água poderá vir a constituir um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos e a consequente contaminação do ar a insuflar.

O ar pode, também, sofrer alteração do seu teor em humidade pela função do humidificador. Assim, todo o ar insuflado através de condutas pode ser distribuído para diferentes zonas do edifício em condições devidamente controladas.

Os sistemas de humificação (11) são mais usuais em climas frios quando o ar exterior é aquecido para atingir os níveis de conforto térmico. A humificação consiste

num processo que aumenta o teor de humidade do ar, pela adição de água (no estado líquido ou vapor) no escoamento de ar. De entre os vários humidificadores, os de vapor são os mais utilizados e têm como característica o uso de água limpa (sem aditivos) de modo a não exporem os ocupantes dos espaços a compostos químicos que possam afectar a saúde.

As condutas (6) são normalmente construídas em chapa de aço galvanizado revestidas externamente por manta de lã mineral para fins de isolamento térmico. Este tipo de revestimento é o mais aconselhado por razões de higiene (Martínez e Gómez, 2007).

O ar exterior e o ar recirculado normalmente contêm poluentes que podem e devem ser removidos do fluxo de ar através de filtros. Num sistema AVAC o ar entra para o sistema passando por pré-filtros ou filtros de baixa eficiência para remover as partículas de maior dimensão (Figura 11), filtros intermédios e filtros absolutos. Garante-se, assim, uma boa eficiência de filtração do ar insuflado, em virtude de estes últimos apresentarem uma maior eficácia na remoção de partículas de menor dimensão e de muitos microrganismos. Assim, os filtros podem reter partículas contaminantes, incluindo as derivadas de agentes microbiológicos e, portanto, removê-las de circulação no ar (Leung e Chan, 2006).

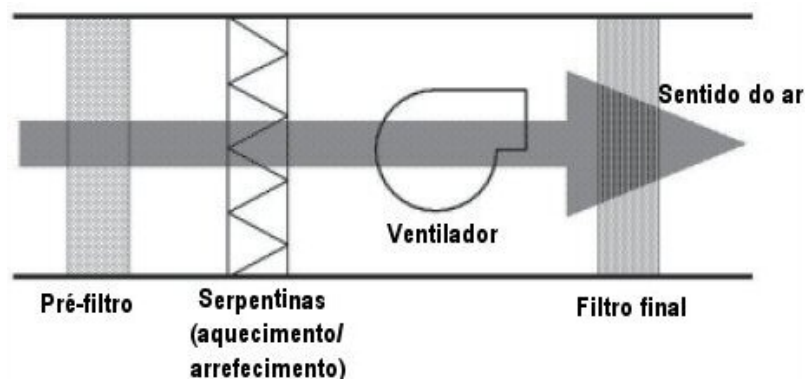


Figura 11 - Esquema representativo do sistema de filtração (adaptado de Leung e Chan, 2006)

Na aplicação de sistemas AVAC aos hospitais é importante ter em atenção as funções descritas anteriormente. No entanto, não significa que consoante o compartimento a climatizar não sejam necessários outros componentes ou outras especificidades de equipamento.

A instalação de filtros em unidades hospitalares, especialmente filtros de ar e de partículas de alta eficiência (HEPA – *high efficiency particulate air filter*) reduz

significativamente a quantidade de conídios fúngicos e outras partículas no ar (Perdelli *et al.*, 2006; Bouza *et al.*, 2002; Dharan e Pittet, 2002; Srinivasan *et al.*, 2002; Oren *et al.*, 2001; Cornet *et al.*, 1999; Sherertz *et al.*, 1987), sendo recomendados como uma importante medida na prevenção de infecções em locais com doentes com sistema imunológico debilitado ou suprimido (Sehulster e Chinn, 2003).

Exemplifica-se que o ar de áreas hospitalares de cuidados especiais, tais como, de quartos de isolamento, algumas salas de operações e os laboratórios de agentes infecciosos, como o laboratório de tuberculose, seja removido para o exterior, passando através de filtros HEPA - Figura 12.

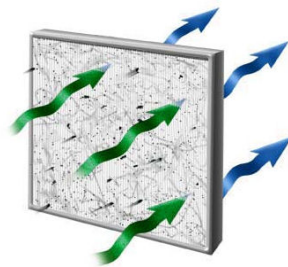


Figura 12 - Filtro HEPA e sua relação com a eficiente filtragem

Os filtros HEPA retêm partículas 10 vezes mais pequenas que os conídios fúngicos com eficiências extremamente elevadas; são, pelo menos, 99,97% eficientes para remover partículas com diâmetro $\geq 0,3\mu\text{m}$ (Dharan e Pittet, 2002). Os esporos de *Aspergillus* spp. medem entre $2,5\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$ de diâmetro, o que mostra a eficiência destes filtros na sua retenção, impedindo, desta forma, a sua entrada para os ambientes interiores.

No entanto, a presença de filtros HEPA não impede completamente o desenvolvimento de IACS por estes agentes (Eckmanns *et al.*, 2006; De La Rosa *et al.*, 2002). A ventilação inadequada e a proximidade a locais de construção ou em renovação têm sido repetidamente implicadas na epidemiologia da aspergilose invasiva (Vonberg e Gastmeier, 2006; Morrison *et al.*, 2004; Oren *et al.*, 2001; Flynn *et al.*, 1993).

É muito difícil estabelecer uma relação entre a concentração de *Aspergillus* spp. no ar e o número de casos de aspergilose invasiva numa determinada unidade com doentes de risco. Os estudos realizados até ao momento dividem-se nesta discussão, não se tendo ainda chegado a um consenso (Eckmanns *et al.*, 2006; Alberti *et al.*, 2001; Oren *et al.*, 2001). Acresce o facto de ainda não estarem disponíveis métodos

padronizados e adequados para que se proceda por rotina à avaliação da qualidade do ar em unidades hospitalares, assim como não está ainda estabelecida a frequência com que estas rotinas devem ser efectuadas (Portnoy *et al.*, 2004; Dharan e Pittet, 2002; Morris *et al.*, 2000). No entanto, é unanimemente reconhecida a utilidade dos resultados fornecidos pela monitorização regular da qualidade do ar em unidades hospitalares, nomeadamente de doentes críticos.

6.2. Tipos de sistemas de ventilação mecânica

Os sistemas de ventilação mecânica são fundamentais em edifícios hospitalares para controlo da QAI.

A renovação de ar de um ambiente é conseguida pela existência de insuflação de ar novo e extracção de ar contaminado. O processo de renovação de ar pode ser realizado por diferentes tipos de sistemas de ventilação, próprios de todos os edifícios, incluindo as unidades hospitalares.

Apresentam-se de seguida os tipos mais correntes de sistemas de ventilação mecânica (adaptado de CEN, 2006; Pinto, 2006; Russel *et al.*, 2005; Concannon, 2002; Axley, 2000; Liddament, 1996; Mansson, 1995; BSI, 1991):

- a) Insuflação mecânica: admissão de ar através de uma rede de condutas e ventiladores e exaustão de ar através de aberturas, frinchas ou grelhas, colocadas na envolvente ou condutas de ventilação natural. O sistema permite a utilização de pré-aquecimento e filtragem do ar de insuflação. Como vantagem deste sistema aponta-se a possibilidade de incluir na insuflação sistemas de controlo de temperatura e filtragem do ar insuflado.

- b) Extracção mecânica localizada e individual: admissão de ar através de aberturas, frinchas ou grelhas, colocadas na envolvente e extracção de ar através de ventiladores independentes, como por exemplo em compartimentos de serviço, sala de resíduos e instalações sanitárias. A extracção é frequentemente descontínua, abrangendo somente um dos compartimentos de serviço e é individualizada para cada edifício.

- c) Ventilação mecânica de duplo fluxo (sistemas equilibrados): admissão e extracção de ar através de uma rede de condutas e ventiladores, em que a percentagem de extracção e de insuflação depende do tipo de edifício. Como este sistema inclui insuflação, permite também proporcionar condições de conforto através de sistemas de controlo de temperatura e filtragem do ar insuflado.

Segundo Airaksinen *et al.* (2007), a razão entre a concentração de esporos fúngicos no ar interior e o ar exterior é maior em edifícios que possuam apenas ventilação mecânica de extracção do que naqueles que têm ventilação mecânica com insuflação, para além da extracção.

É fundamental também a observação dos níveis de pressão nos ambientes interiores, visando que o ar duma área não seja aspirado para outra área, ou seja, observar que o fluxo de ar seja dirigido da área limpa para a área suja.

6.3. Importância da ventilação

Uma das formas de se controlar o ar ambiente é através de ventilação adequada.

A ASHRAE criou normas de ventilação, designadas primariamente para satisfazer problemas relacionados com odores. A ASHRAE e a ANSI criaram recomendações para a relação da ventilação e pressão para várias áreas hospitalares (ASHRAE, 1999). As normas de ventilação são definidas em termos do volume de ar por minuto por ocupante, e são baseadas na hipótese de que os ocupantes e as suas actividades são responsáveis pela maior parte dos contaminantes do espaço que ocupam (Burroughs, 1997).

Os parâmetros de medição variam entre as diversas áreas hospitalares. Segundo o RSECE, nos espaços hospitalares dotados de sistemas de climatização com ventilação mecânica devem ser garantidos os caudais mínimos de ar novo descritos na Tabela 5, para renovação do ar interior e qualidade do ar aceitável em espaços sem fumadores em que não haja fontes atípicas de poluentes.

Tabela 5 - Caudais mínimos de ar novo aplicados à actividade hospitalar^{a)}

Tipo de actividade (compartimento hospitalar)	Caudais mínimos de ar novo [m ³ /(h.ocupante)]
Quartos	45
Áreas de recuperação	30
Áreas de terapia	30

a) Recomendações descritas no RSECE (DL n° 79/2006, de 4 de Abril)

As alterações das diferenças de pressão nas estruturas de um determinado edifício, controladas pela ventilação, podem causar ou prevenir a infiltração de poluentes das estruturas ou espaços adjacentes.

Nos compartimentos hospitalares que requerem pressão positiva, o ar desloca-se dessas áreas ou quartos para os espaços adjacentes. Nos quartos que requerem pressão negativa, o ar desloca-se no sentido inverso. Especificamente num hospital, num compartimento com doentes imunocomprometidos, a pressão deve ser positiva, de forma a que o ar adjacente não entre, protegendo, assim, o doente. Quando se está perante um compartimento com doentes portadores de doenças infecciosas, a pressão nesse ambiente deve ser negativa para evitar a saída de ar e, portanto, a contaminação de outras pessoas - Figura 13.

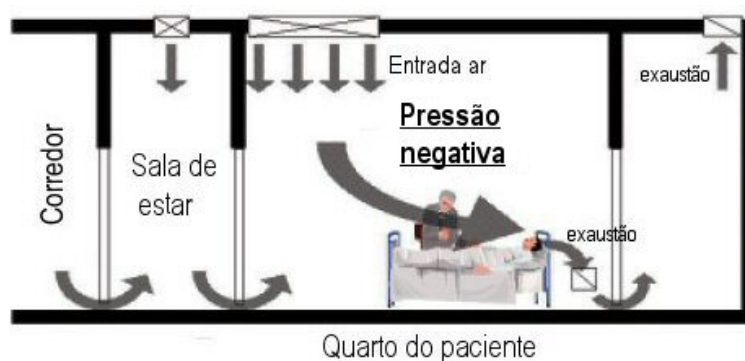


Figura 13 - Controlo da diferença de pressão em quartos de doenças infecciosas (adaptado de Leung e Chan, 2006)

A ventilação, sendo um processo de insuflação ou extracção de ar, por meio natural ou mecânico, de ou para um determinado compartimento, está também muito relacionada com os controlos de humidade em ambientes interiores. A ventilação pode

interferir com a quantidade de água que circula num edifício (mesmo sendo bem isolado) e, portanto, provocar problemas de humidade que danificam as estruturas do edifício.

Quando a ventilação integra sistemas de ar condicionado tem-se um conjunto de equipamento para tratamento de ar que facilita o controlo simultâneo da humidade, de forma a ir de encontro ao que é esperado num espaço condicionado. Daí os sistemas AVAC serem muito importantes para o controlo da humidade em diferentes compartimentos de um hospital (Skoog, 2006).

6.4. Contributo na proliferação de fungos

Os fungos, dada a sua capacidade de proliferação em ambientes húmidos, numa gama de temperatura variável, podem constituir uma fonte de contaminação em ambientes interiores dependendo da forma como os sistemas AVAC são mantidos e operados, como já foi referido.

Os fungos podem libertar esporos para o fluxo de ar que, se encontrarem um ambiente propício para o seu crescimento, como a humidade, podem rapidamente proliferar e, também, ser responsáveis pela emissão de determinados COVMs, que induzem odores desagradáveis e desconfortáveis.

Um estudo bastante exaustivo, efectuado por De Koster e Thorne (1995), relativo a habitações na zona central dos EUA procurou investigar a possibilidade de ocorrência de correlações entre as concentrações interiores de bioaerossóis medidas, aspectos estruturais dos edifícios e aspectos estruturais e operacionais dos sistemas AVAC existentes nas habitações, tais como a ausência ou presença de humidificadores, desumidificadores, tipo de ar condicionado (centralizado, localizado ou ausência deste) e tempo médio de utilização. Este estudo permitiu concluir, pela existência de correlações com significado estatístico, que o tipo de sistema de ar condicionado afecta o nível de fungos presentes, sendo que as habitações com sistema centralizado apresentam menos colónias do que as equipadas com sistema localizado ou sem ar condicionado. Os dados sugerem ainda que muitos dos sistemas de desumidificação não dispõem de capacidade suficiente para impedir o desenvolvimento de fungos e que as habitações em que os sistemas estão equipados com filtros de alta eficiência apresentam

níveis significativamente mais baixos de fungos e outros microrganismos respiráveis (Gomes, 2002).

De acordo com um estudo realizado no Hospital de São João, no Porto, refere-se que, num dos grupos estudados, que inclui enfermarias com filtros HEPA ou sistema de filtração F9 com condições restritas de acesso, como o uso de roupas de protecção, o uso de máscara facial e/ou limitação do acesso de pessoas à unidade clínica (por existência, por exemplo, de antecâmara), os fungos totais não ultrapassaram as 10 UFC/m³ (Araújo *et al.*, 2008).

Segue-se uma referência dos principais componentes do sistema AVAC que podem contribuir para a contaminação do ar interior a partir de fungos e a importância da sua manutenção para diminuir e/ou evitar essa contaminação do ar interior (adaptado de APIEF, 2007).

► Tomadas de Ar Novo

A localização das tomadas de ar novo deve ser muito bem analisada, para não permitir que as mesmas fiquem próximas de fontes poluentes, como a descarga de ar do centro cirúrgico, da lavandaria, locais de carga e descarga e torres de arrefecimento. As tomadas de ar novo podem ser instaladas na cobertura do edifício com ductos até às Unidades de Tratamento de Ar.

A figura 14 exemplifica tomadas de ar novo em diferentes estados de manutenção.

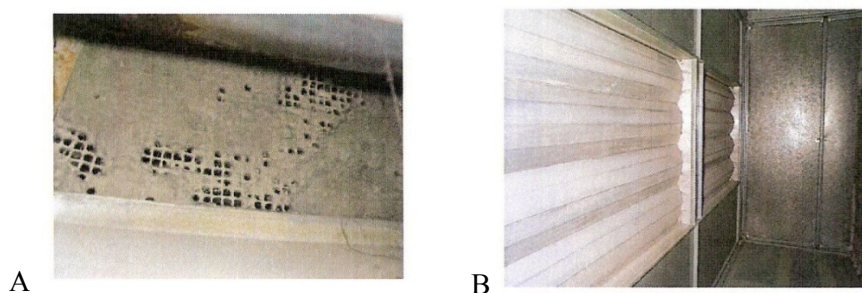


Figura 14 – Tomadas de ar novo: A – sem manutenção; B – com manutenção

► Filtros

É importante garantir que os filtros estejam sempre em boas condições de conservação e que garantam uma boa estanquidade – Figura 15.



Figura 15 – Filtros: A – filtro degradado; B – filtro novo

Filtros com manutenção deficiente e que apresentam espaços dentro e à volta do filtro, pedaços de terra e outros sedimentos de resíduos têm implicado focos de infecções hospitalares com fungos do género *Aspergillus*, especialmente durante construções junto às instalações hospitalares (Pittet *et al.*, 1996; Kiel e Khan, 1993).

► Baterias (permutadores de calor)

As baterias para garantir a maior eficiência das permutas térmicas (aquecimento ou arrefecimento) do ar devem ter as suas superfícies isentas de sujidades e de contaminações microbiológicas – Figura 16.

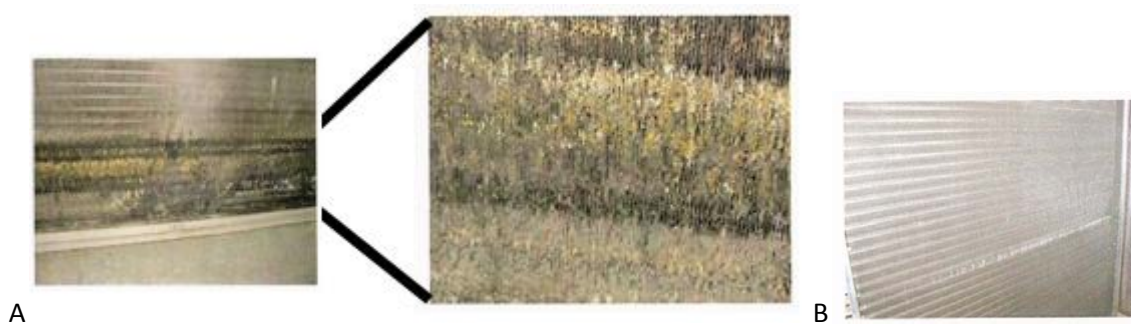


Figura 16 – Baterias: A – bateria com elevado grau de sujidade; B – bateria completamente limpa

► Tabuleiro de condensados

A pente dos tabuleiros de condensados deve ser a correcta para que a água possa ser escoada sem dificuldades. Recorda-se que os ambientes húmidos são dos factores primordiais para a proliferação fúngica.

A figura 17 exemplifica tabuleiros de condensados em diferentes estados de manutenção.

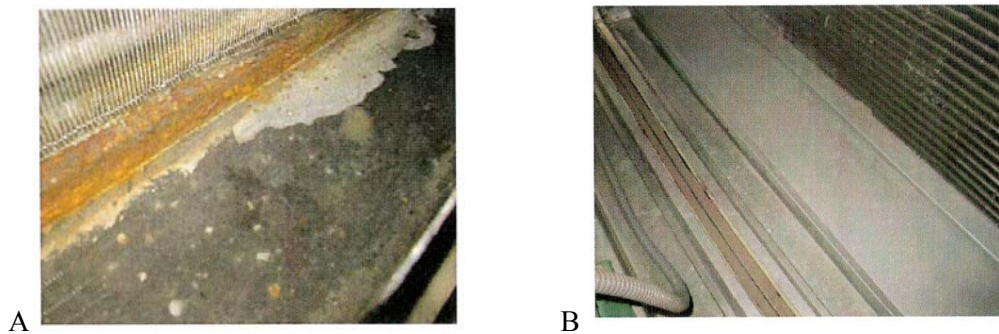


Figura 17 – Tabuleiros de condensados: A – sem manutenção; B – com manutenção

► Condutas

As condutas devem ser de superfície de chapa lisa para evitar a disseminação de partículas e de contaminantes microbiológicos para os espaços interiores – Figura 18.

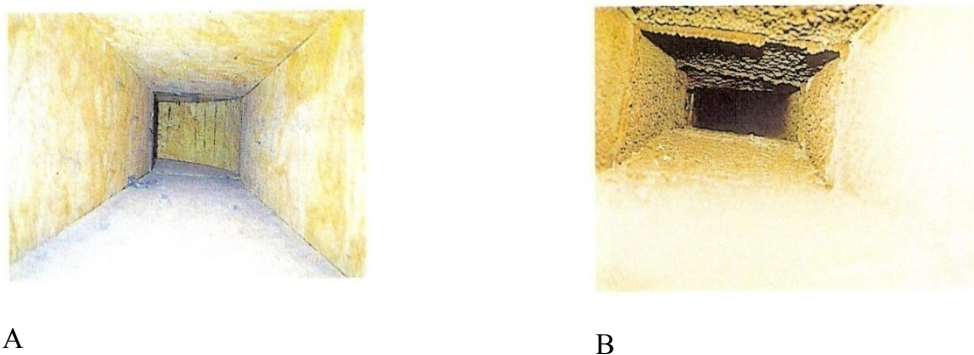


Figura 18 – Condutas: A – conduta com isolamento (sem ser de chapa lisa), em elevado estado de degradação; B – conduta em chapa lisa em elevado estado de sujidade

As condutas devem possuir tampas de visita, de fácil acesso, para que haja um melhor estado de conservação – Figura 19.



Figura 19 – Tampa de visita em conduta para permitir a sua limpeza

Capítulo III

Metodologia de investigação

1. Amostra

Numa primeira fase do estudo foi realizado o levantamento dos edifícios hospitalares na região Norte, tendo sido seleccionados alguns e as respectivas administrações contactadas no sentido de se obter autorização para a realização do estudo. Apenas foi obtida resposta positiva para as unidades hospitalares A e B. Numa fase mais tardia, e já durante o processo de investigação, obteve-se a concordância para o estudo na unidade hospitalar C. Por essa razão o estudo desta unidade apenas foi efectuado na Primavera.

1.1. Unidades hospitalares

O estudo foi realizado em três Unidades Hospitalares, pertencentes à Grande Área Metropolitana do Porto. Para cada Unidade Hospitalar o estudo foi realizado em enfermarias e nas áreas técnicas das Unidades de Tratamento de Ar, onde constam as respectivas admissões de ar para as enfermarias.

De forma a salvaguardar a confidencialidade dos dados, as unidades hospitalares foram codificadas de A, B e C, as enfermarias e as áreas técnicas de forma numérica sequencial, de 1 a 7, o que fez um total de 7 enfermarias estudadas. Os correspondentes serviços serão indicados pelo respectivo nome.

A Unidade Hospitalar A pertence ao distrito de Aveiro (zona rural litoral), enquanto que as Unidades Hospitalares B e C situam-se no distrito do Porto, numa zona urbana litoral periférica e zona urbana litoral central, respectivamente.

Previamente à fase experimental, em cada uma das unidades hospitalares, foram estabelecidos contactos com profissionais destas unidades, de forma a apresentar detalhadamente o trabalho e respectivas calendarizações. Foi necessário definir os serviços e as respectivas enfermarias/internamentos a estudar. Os serviços propostos por cada hospital foram da responsabilidade da própria unidade de saúde. No entanto, foi feito um esforço para a concordância dos serviços para as três unidades hospitalares.

Salienta-se que num dos edificios hospitalares não foi concedido a autorização para um dos serviços.

A tabela 6 descreve os serviços propostos para o estudo relativamente a cada Unidade Hospitalar.

Tabela 6 – Enfermarias e respectivos serviços nas Unidades Hospitalares A, B e C

	Serviços	Enfermarias	Área Técnica
Unidade Hospitalar A	Medicina Interna	1	AT₁
	Ortopedia	2	AT₂
Unidade Hospitalar B	Ortopedia	3	AT₃
	Neurocirurgia	4	AT₄
Unidade Hospitalar C	Ortopedia	5	AT₅
	Medicina Interna	6	AT₆
		7	AT₇

Nas unidades hospitalares A e B foram estudadas 2 enfermarias, cada uma pertencente a um serviço. Na Unidade Hospitalar C foram estudadas 3 enfermarias, sendo que duas delas pertencem ao mesmo serviço mas a locais distintos no hospital.

Em cada serviço foram seleccionadas as enfermarias, considerando os seguintes aspectos:

- menor área
- maior número de doentes

Procurou-se também, sempre que possível, seleccionar serviços de uma mesma Unidade Hospitalar, com diferentes orientações.

No presente trabalho não são colocadas as plantas de cada Unidade Hospitalar, ilustrativas da localização e orientação das enfermarias em cada edificio, devido ao respeito da confidencialidade pelas respectivas entidades hospitalares.

2. Métodos

A componente experimental decorreu durante os meses de Janeiro a Julho e englobou uma caracterização dos edifícios hospitalares e espaços interiores, uma fase de amostragem e uma fase de laboratório.

2.1. Caracterização dos edifícios hospitalares e espaços interiores

De acordo com as características da investigação, a elaboração de materiais que serviram de suporte à investigação foi um aspecto essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Todos os materiais foram elaborados previamente à investigação e foi de primordial importância uma eficaz adaptação à concretização das saídas para cada dia de amostragem.

A metodologia utilizada para avaliar a QAI teve por base a análise de informação recolhida através da utilização de uma *checklist*, a observação local, a medição de parâmetros ambientais e a recolha de amostras de ar. Desta forma, foi necessário recolher informação sobre o edifício, a envolvente exterior e os espaços interiores, bem como informação acerca da utilização dos espaços e dos ocupantes que permaneciam no local.

A informação recolhida teve por objectivo conhecer as capacidades existentes para se processar à renovação do ar no interior do edifício hospitalar e também identificar potenciais fontes de poluição nas diferentes enfermarias.

A elaboração da *checklist* teve por base a caracterização de edifícios hospitalares, tendo sido reajustada de forma contínua, sempre que se considerou pertinente - Anexo A.

A *checklist* foi dividida em cinco parâmetros (A, B, C, D e E), onde constam vários itens, sendo cada um dos parâmetros relativo a:

- Aspectos construtivos (A)
- Sistemas de ventilação (B)
- Aspectos de inspecção visual (C)
- Plano de manutenção preventiva (D)
- Plano de manutenção de limpeza (E)

Elaboraram-se, para cada visita às Unidades Hospitalares, folhas de registo, de forma a proporcionar maior organização e precisão de informações – Anexo B.

2.2. Fase de amostragem

A fase de amostragem foi dividida em dois períodos, um correspondente à estação de Inverno e o outro à estação de Primavera.

Esta fase compreende a recolha de amostras de ar no interior das enfermarias e de “ar novo”, de forma a avaliar os níveis de contaminação fúngica e proceder à sua caracterização.

A tabela 7 evidencia a calendarização detalhada da fase de amostragem correspondente a cada enfermaria.

Tabela 7 - Calendarização da fase de amostragem

	Dia de amostragem	Unidade Hospitalar	Serviço	Enfermaria	AT
Inverno	8 Janeiro	A	Medicina Interna	1	AT₁*
	15 Janeiro	A	Ortopedia	2	AT₂*
	22 Janeiro	B	Ortopedia	3	AT₃*
	29 Janeiro	B	Neurocirurgia	4	AT₄*
Primavera	16 Abril	A	Medicina Interna	1	AT₁*
	23 Abril	A	Ortopedia	2	AT₂*
	30 Abril	B	Ortopedia	3	AT₃*
	7 Maio	B	Neurocirurgia	4	AT₄*
	14 Maio	C	Ortopedia	5	AT₅**
	21 Maio	C	Medicina Interna	6	AT₆**
	28 Maio	C	Medicina Interna	7	AT₇**

*O aparelho de admissão de ar capta ar do interior da Área Técnica

** O aparelho de admissão de ar capta ar do exterior

Para cada unidade hospitalar, as amostragens foram realizadas em 2 visitas à excepção do hospital C, que teve 3 visitas. Para cada estação do ano, a recolha das amostras foi feita semanalmente.

Relativamente a cada dia de amostragem é de referir que tanto no Inverno como na Primavera as colheitas de ar realizaram-se pela seguinte ordem:

- Ar interior;
- “Ar novo”;
- Ar interior

As colheitas de ar interior realizaram-se ao final da manhã e da tarde.

Na amostragem da Primavera, no caso das Unidades Hospitalares A e B, efectuou-se uma recolha adicional, ao início da manhã, de modo a tentar obter uma explicação para a tendência observada na amostragem de Inverno. De forma a facilitar a identificação destas colheitas serão usados os termos “manhã 1” e “manhã 2”, para as colheitas de manhã cedo e final da manhã, respectivamente.

No caso da Unidade Hospitalar C, seleccionaram-se serviços comuns aos outros dois hospitais, e efectuou-se adicionalmente, para um dos serviços, uma amostragem na parte antiga do hospital.

De referir que, relativamente aos hospitais A e B, o local de admissão de ar novo para as enfermarias em estudo corresponde ao interior de Áreas Técnicas, enquanto que, no hospital C, o ar novo corresponde ao ar exterior.

Para além desta avaliação, foi efectuada, para cada um dos locais de colheita de ar, a medição dos seguintes parâmetros:

- parâmetros físicos: humidade relativa e temperatura
- parâmetros químicos: CO₂

As colheitas de amostras e todas as medições foram efectuadas mantendo as condições normais de funcionamento de cada serviço hospitalar, de forma a que os resultados das medições fornecessem uma imagem representativa das actividades diárias nas enfermarias.

Respeitou-se a privacidade dos doentes e manteve-se a confidencialidade.

2.2.1. Locais e pontos de amostragem

Para cada local de colheita de ar foi definido apenas um único ponto de amostragem. No caso das enfermarias, a zona central foi o local de amostragem predominante. Salienta-se o caso das enfermarias 3 e 4, em que o ponto de amostragem foi ligeiramente afastado do centro devido ao impedimento da passagem. Para a colheita de “ar novo” o ponto de amostragem foi à entrada do aparelho de admissão de ar para o sistema.

Teve-se sempre em atenção que a amostragem se realizasse a 1 metro das paredes e 1-1,5 metros do chão (ISO, 2004; ENV, 1996).

As figuras 20, 21 e 22 representam os pontos de amostragem das enfermarias em estudo e dos locais de admissão de ar novo.

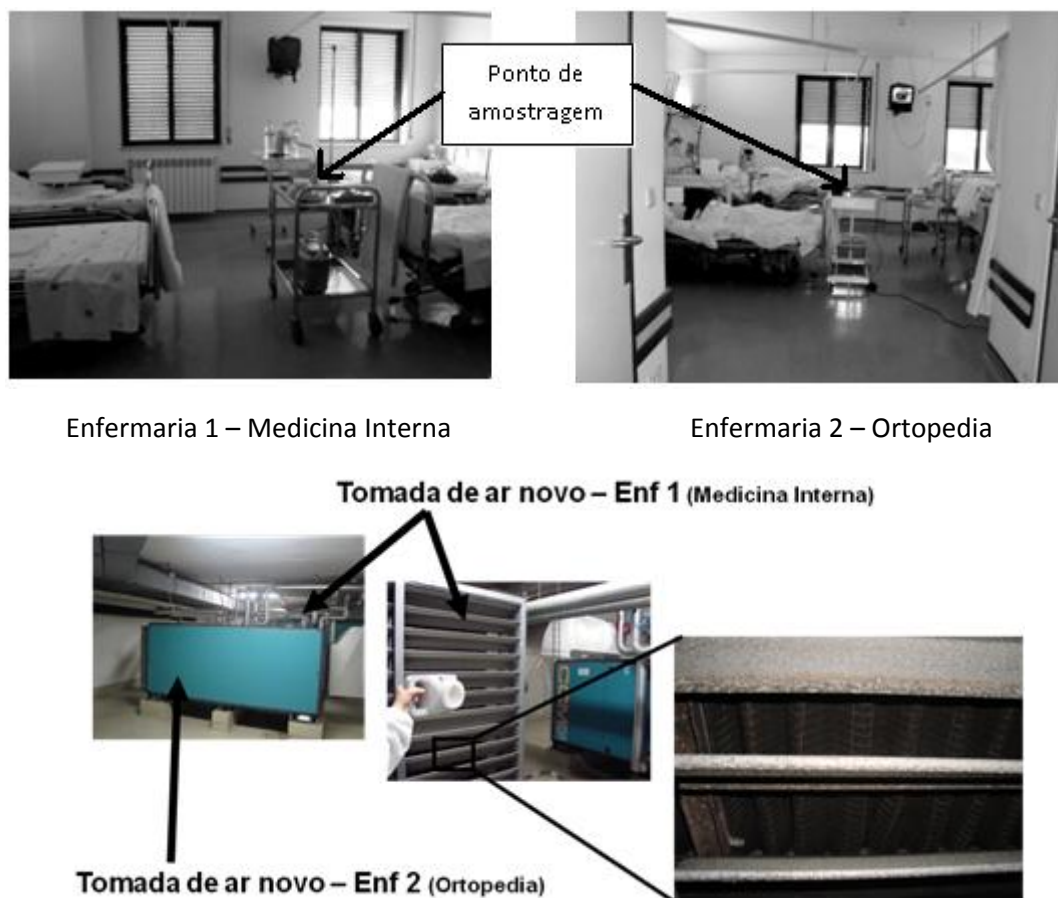


Figura 20 - Pontos de amostragem na UH A



Figura 21 - Pontos de amostragem naUH B

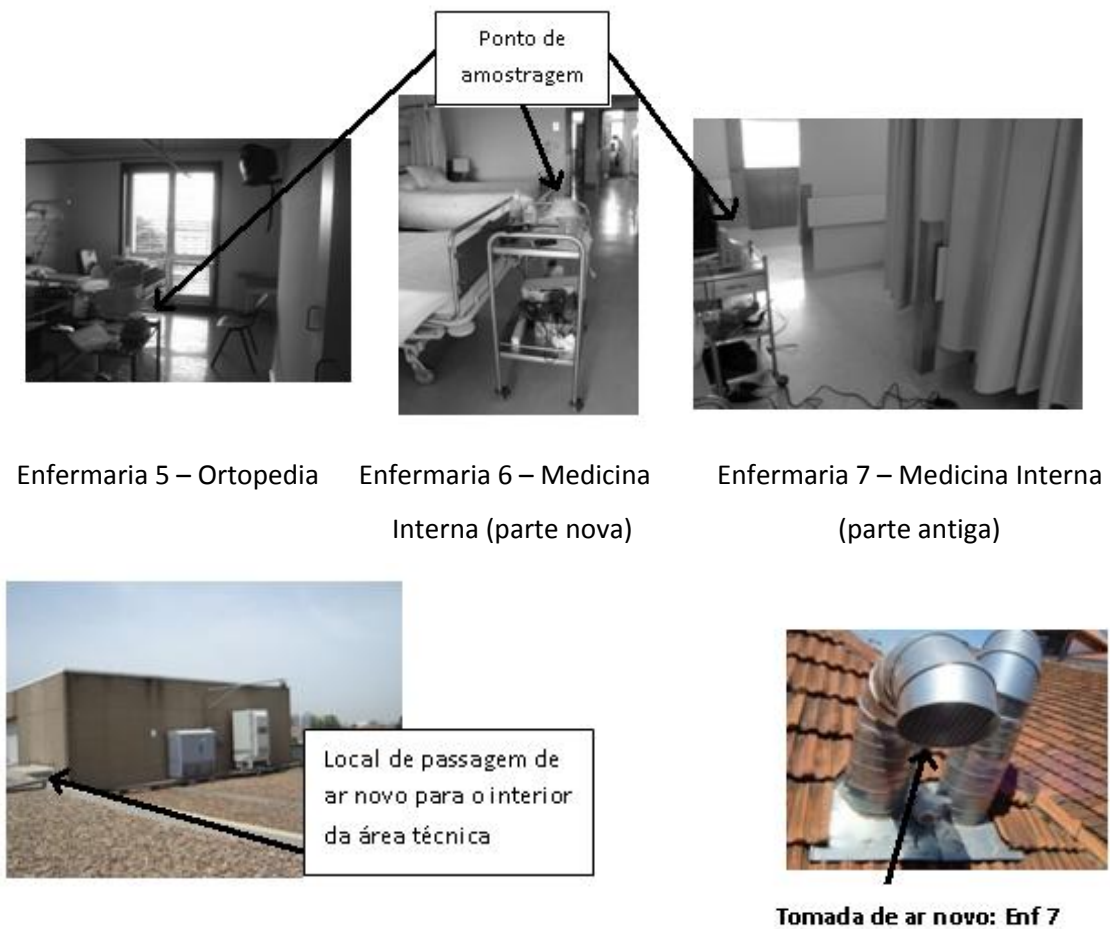


Figura 22 - Pontos de amostragem na UH C

Relativamente às áreas técnicas das unidades hospitalares A e B é de referir que, as tomadas de admissão ar para os dois serviços, de cada unidade hospitalar, localizavam-se paralelamente e muito próximas, na mesma área técnica.

Refere-se também que relativamente às tomadas de admissão de ar para as enfermarias 1, 2, 3 e 4 apenas se apresenta um ponto de amostragem, já que a demonstração é semelhante, apesar da tomada de admissão de ar ser diferente.

No caso da admissão de ar para as enfermarias 5 e 6, na parte nova da unidade hospitalar C, não foi possível fotografar as tomadas de admissão de ar novo devido à sua localização na fachada do edifício. Apenas se apresenta uma fotografia exterior da área técnica e do local de passagem de ar novo para a mesma.

Relativamente à enfermaria 7 da unidade hospitalar C, refere-se que a área técnica correspondente está em reformulação.

2.2.2. Equipamento

Para as colheitas de ar foi usado um método selectivo através de recolha de amostras de ar representativas das áreas a estudar para posterior análise em laboratório.

O equipamento utilizado foi o Amostrador Microbiológico do Ar (air IDEAL[®] 3P da bioMérieux), com um caudal de aspiração de 100 L/min - Figura 23.



Figura 23 - Equipamento de colheita de ar

Para se realizar a colheita de fungos viáveis ambientais, colocou-se no equipamento uma placa de Petri com um meio de cultura apropriado para o crescimento de fungos - Figura 24.

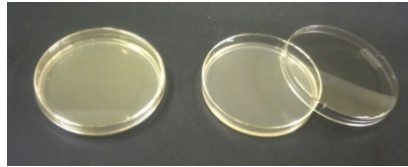


Figura 24 - Placas de Petri com meio de cultura

A colheita foi efectuada segundo o princípio de colheita de ar por impacto no meio de cultura – Figura 25.

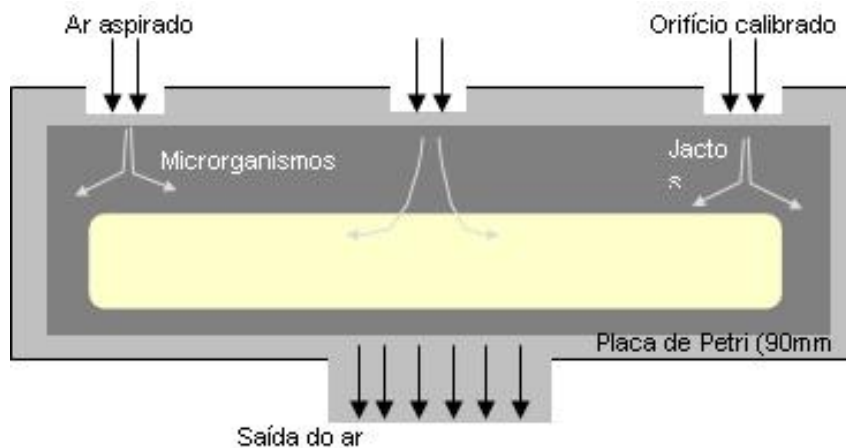


Figura 25 - Princípio de colheita por impacto

Neste método, o ar é retirado por uma turbina através de uma superfície crivada. A velocidade do fluxo de ar permite o impacto dos microrganismos colhidos do ar no meio de cultura contido na caixa de Petri. O controlo do débito de aspiração e a velocidade de impacto asseguram a colheita de partículas viáveis.

Para cada local de recolha de ar foram colhidos diferentes volumes de ar: 50, 100, 250, 500 e 1000L, de forma a garantir maior fiabilidade nos resultados. Para cada volume, a colheita de ar foi em duplicado.

Em cada dia de amostragem utilizou-se um crivo desinfectado em auto-clave, operação efectuada por um laboratório de microbiologia. Entre cada amostragem foi realizada uma esterilização do crivo, com álcool a 70%.

O transporte das placas, antes e depois das colheitas, foi efectuada numa mala térmica.

O meio de cultura utilizado foi o DG18 – Dichloran 18% Glycerol Agar (base de agar com diclorano e glicerol a 18%), ao qual foi adicionado 0,1 mg de suplemento de cloranfenicol, dissolvido em 6ml de etanol, por litro de DG18 – Tabela 8.

Optou-se por usar o DG18 porque este meio apresenta as vantagens de restringir o crescimento de fungos invasivos e também o crescimento excessivo das colónias.

Tabela 8 - Características do meio de cultura DG18

	Composição	Quantidade	pH	Fornecedor
DG18	Peptona	5g		
	Glucose	10g		
	Dihidrogenofosfato de potássio	1g		
	Sulfato de magnésio	0,5g	5,6 ± 0,2	Frilabo
	Diclorano	0,002g		
	Agar	15g		
	Água destilada	1000ml		

Para a medição dos parâmetros físicos e químicos foi usado um método de leitura directa.

A figura 26 representa o sensor de HR e temperatura, designado por Datalogger de temperatura e humidade relativa, marca Testo, modelo 175-H2. Os dados eram descarregados ao fim do dia, através do uso de uma interface PC-datalogger e usando o software Comsoft Básico da Testo.

A figura 27 ilustra um analisador de dióxido de carbono ambiente, marca Testo, modelo 535, com sensor de infravermelho não dispersivo.



Figura 26 - Sensor de humidade relativa e temperatura



Figura 27 - Analisador de CO₂

As leituras de HR, temperatura e CO₂ foram realizadas durante o tempo de colheita de ar em cada um dos locais de amostragem.

Todos os equipamentos utilizados durante a amostragem possuíam certificados de calibração do fabricante dentro do prazo de validade.

2.3. Fase de laboratório

A componente microbiológica foi realizada no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, sob a supervisão da Professora Eugénia Pinto.

2.3.1. Contagem de fungos

Após cada colheita, as placas foram incubadas a uma temperatura de 25 °C durante 7 dias. Posteriormente, foram contadas as colónias e o seu número foi registado.

De forma a pesquisar a presença de fungos termotolerantes no ar, essencialmente *A. fumigatus*, uma das placas de 1000L foi colocada a incubar numa estufa, a uma temperatura de 42°C, também durante 7 dias.

Para se quantificar o número de células viáveis de fungos que crescem num determinado meio de cultura, usa-se geralmente um método que consiste na contagem do número de colónias resultantes da incubação dessas células. A partir deste método obtêm-se as concentrações de microrganismos dividindo o número de Unidades Formadoras de Colónias - UFC (CFU, em Inglês), obtidas pela contagem, pelo volume de ar amostrado. Os resultados são assim expressos em UFC/m³.

Durante o período de incubação, as colónias foram contadas periodicamente com o intuito de prevenir a perda de informação e a contaminação do material por algum tipo de fungos invasivos.

Após o tempo de incubação efectuou-se a contagem das UFC, para cada placa amostrada, tendo em atenção que as contagens ficassem compreendidas entre 30 e 300 UFC. Atribuiu-se o termo *sem significado* quando o valor total de colónias era menor do que 30 e o termo *com significado* quando estava entre 30 e 300 colónias – Figura 28.

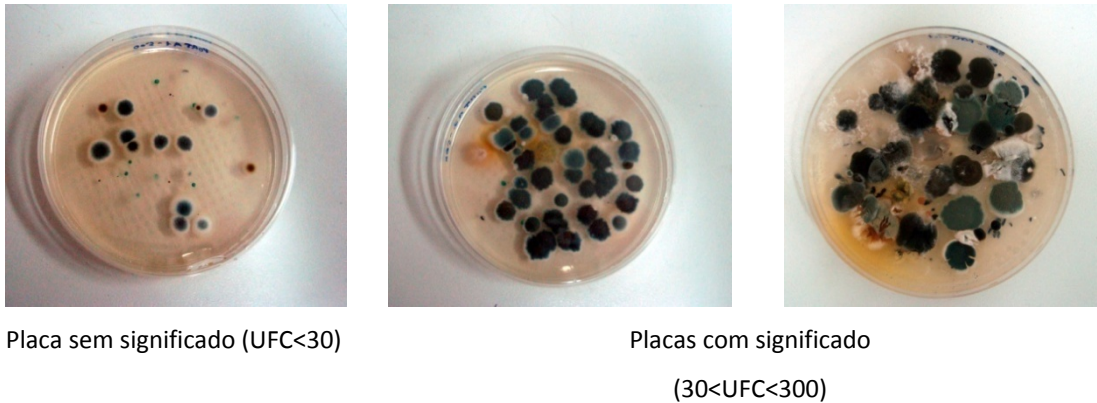


Figura 28 – Aspecto de algumas das placas obtidas e sua relação com a contagem

2.3.2. Isolamento e identificação de fungos

Após a contagem das colónias, estas compararam-se macroscopicamente.

A cada tipo morfológico de colónias foi atribuído um código numérico. Todas as colónias do mesmo tipo foram contadas, de forma a determinar a frequência relativa de cada um deles. De uma dessas colónias foi efectuado isolamento para um novo meio de cultura. O termo isolamento refere-se à obtenção de uma cultura pura para posterior identificação.

Cada colónia foi isolada a partir de repicagens da mesma em três pontos equidistantes numa placa com meio de cultura de Sabouraud Dextrose Agar. De seguida, a placa foi incubada a 25°C, no escuro, durante 7 dias.

Nas situações em que não foi possível obter o isolamento, numa primeira fase, realizou-se novo isolamento, a partir do anterior, até à obtenção da cultura pura.

Após o isolamento de cada colónia de fungo, este foi repicado para um tubo com meio Sabouraud Dextrose Agar, de forma a preservar a cultura. O isolamento dos fungos foi realizado recorrendo à técnica asséptica.

Os fungos isolados que se pretendiam guardar, para identificações a nível de espécie, foram congelados a -70°C em meio de Sabouraud contendo 20% de glicerol.

A identificação dos fungos até ao nível taxonómico de género foi realizada para todas as colónias isoladas, com o auxílio de bibliografia adequada (Samson *et al.*, 2004).

A identificação a partir das colónias foi realizada recorrendo a um microscópio óptico composto (Nikon, Eclipse E200), observando um exemplar representativo de cada um dos tipos de colónias formadas. Este exemplar obteve-se directamente a partir

da colónia da placa ou, após o processo de isolamento, quando aquele não estava puro. A observação microscópica foi efectuada após a obtenção de uma preparação para exame a fresco. Cada exemplar da colónia a identificar era retirado desde o centro até à periferia da colónia, no sentido de melhor observação das estruturas reprodutoras.

A figura 29 esquematiza processos seguidos no isolamento e na identificação dos fungos.

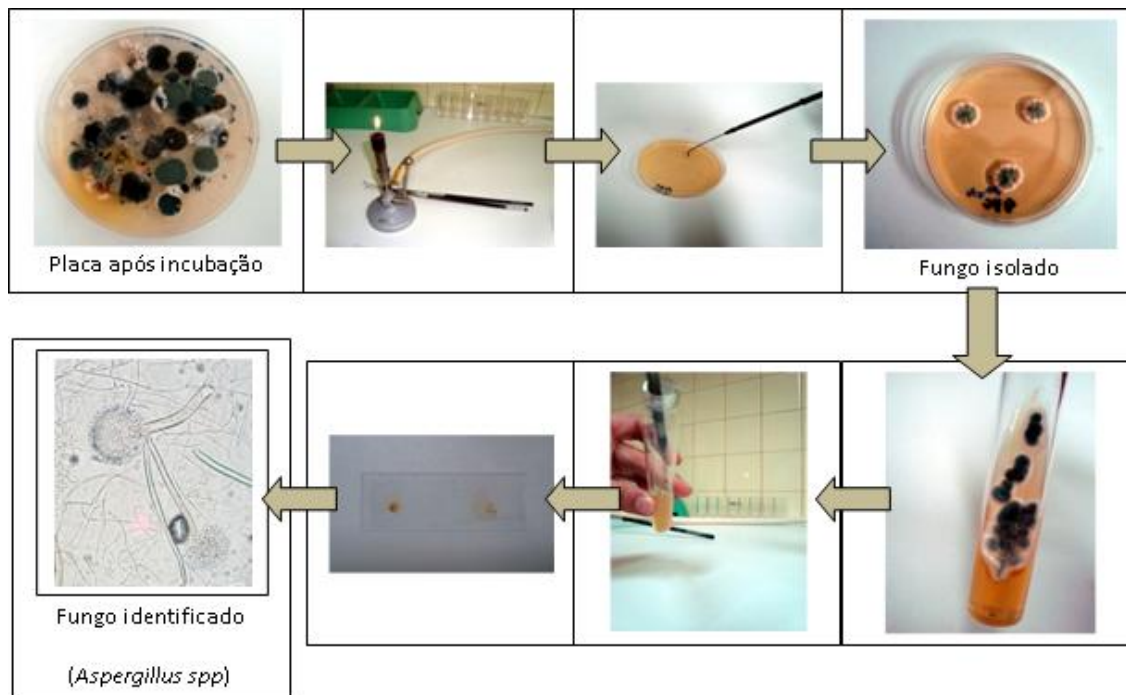


Figura 29 – Sequência de métodos usados no isolamento e identificação de fungos

As preparações efectuadas foram obtidas através das técnicas de transferência de um fragmento da colónia (com auxílio de uma ansa), “decalque” com fita adesiva ou através da obtenção de uma cultura em lâmina.

A escolha do método de obtenção das preparações foi dependente do tipo de crescimento e de esporulação dos fungos.

As preparações obtidas por transferência de uma porção de colónia para uma lâmina e a partir da fita adesiva foram as mais usadas para caracterizar os géneros. Quando a técnica de transferência de um fragmento da colónia destruía as estruturas

reprodutoras, essenciais para a identificação, optou-se pela utilização de fita adesiva, já que desta forma as estruturas reprodutoras eram mantidas em melhores condições.

A cultura em lâmina foi usada raramente, já que é muito usada para a identificação de espécies de fungos. Este tipo de cultura consiste na inoculação do fungo num pequeno bloco de meio de cultura, colocado entre a lâmina e a lamela. Esta técnica apresenta a vantagem de permitir uma visualização mais nítida de todas as estruturas. Com este tipo de preparação há pouca sobreposição de material e, portanto, permite, a preservação intacta das estruturas reprodutoras e os seus arranjos naturais.

O líquido usado como meio de montagem, nas preparações a fresco observadas, foi o lactofenol.

As preparações obtidas foram observadas ao microscópio usando essencialmente objectivas de 10 e 40x.

Para a identificação dos fungos foi muito importante fazer uma avaliação macroscópica das colónias na placa, tendo em atenção os seguintes aspectos: diâmetro da colónia, cor e textura; existência/ausência de pigmento, cor, difusão para o meio; presença/ausência de exsudado.

As colónias que não conseguiram alcançar esta fase do ciclo de vida foram identificadas como micélio estéril (colónias sem produção de esporos). As colónias que não apresentaram características suficientemente visíveis (por exemplo devido ao pequeno tamanho), e/ou compreensíveis para se identificar o género foram reconhecidas como não identificadas.

Capítulo IV

Análise e discussão dos resultados

Neste capítulo apresentam-se os resultados do estudo, de acordo com os objectivos em pesquisa, assim como a respectiva análise e discussão, tendo por base conceitos desenvolvidos na revisão da literatura e padrões de referência.

A determinação da concentração de microrganismos de áreas exteriores ou interiores, em áreas críticas de hospitais tem sido pouco pesquisada, mas alguns estudos têm enfatizado a sua importância, devido ao aparecimento desses agentes em IACS (Alberti *et al.*, 2001).

1. Caracterização das unidades hospitalares

A partir da análise da *checklist* refere-se que as três unidades hospitalares são similares ao nível de quase todos os itens dos parâmetros avaliados.

Relativamente à **inspeção visual**, nenhuma das enfermarias apresentou aspectos de especial relevância, não se tendo observado crescimento de fungos, nem manchas de humidade significativas.

Relativamente aos **aspectos construtivos** é de referir que as Unidades Hospitalares A e B têm a mesma idade, 10 anos. A Unidade Hospitalar C, apresenta um edifício bastante antigo, onde se localiza a enfermaria 7, e um edifício mais recente, com aproximadamente 10 anos, onde se localizam as enfermarias 5 e 6.

As Unidades Hospitalares A e B apresentam parede dupla na sua constituição. Relativamente à Unidade Hospitalar C, as enfermarias localizadas na parte nova do edifício apresentam parede simples (recoberta com placas pré-fabricadas), enquanto que a enfermaria localizada na parte antiga, como está voltada para a fachada principal do edifício, mantém, em parte, a estrutura em pedra que o constitui.

Todas as enfermarias possuem janelas de vidro duplo, com possibilidade de abertura, e que integram um sistema de sombreamento, como persianas ou estores exteriores.

A tabela 9 apresenta outros aspectos construtivos correspondentes às unidades hospitalares A, B e C.

Tabela 9 - Aspectos construtivos relativos às enfermarias estudadas

	Unidade Hospitalar A		Unidade Hospitalar B		Unidade Hospitalar C		
	Enf 1	Enf 2	Enf 3	Enf 4	Enf 5	Enf 6	Enf 7
Área (m²)	33,4	32,8	20,8	22,1	27,6	27,0	31,5
Nº de ocupantes: nº de camas	4	4	3	3	3	3	3
Orientação	Este	Sul	Este	Este	Sul	Sul	Este
Sombreamento exterior	Não	Não	Não	Sim (outra fachada)	Não	Não	Sim (outra fachada)
Tipo de material dos caixilhos das janelas	Alumínio		PVC (peitoril em madeira)		Alumínio		Madeira
Principal tipo revestimento do tecto	Tinta		Tinta		Tinta		
Principal tipo revestimento chão	Material sintético		Material sintético		Material sintético		
Principal tipo revestimento da parede	Tinta esmalte		Tinta aquosa		Tinta esmalte		
Tipo de mobiliário	Aglomerado (portas e armários) e metálico (camas e outros objectos)		Aglomerado (portas e armários) e metálico (camas e outros objectos)		Aglomerado (portas e armários) e metálico (camas e outros objectos)		
Presença de cortinas entre as camas	Sim		Sim		Sim		Não (separação por parede)

Relativamente ao tipo de material que constitui as enfermarias salienta-se que, na maioria, são aglomerados e metálicos, existindo pouca madeira. Este factor contribui para a diminuição de proliferação de fungos, dado que a matéria orgânica é um forte substrato para o seu crescimento.

No que se refere aos **sistemas de ventilação**, verificou-se que todas as enfermarias são alimentadas por 100% de ar novo, à excepção da enfermaria 7, localizada na parte antiga da unidade hospitalar C, que é alimentada por ar de mistura (70% de ar novo e 30% de ar recirculado).

No caso das unidades hospitalares A e B, as enfermarias 1, 2, 3 e 4 apenas possuem no seu interior uma grelha de insuflação. As grelhas de extracção encontram-se no corredor de acesso às respectivas enfermarias.

As enfermarias 5 e 6, pertencentes à unidade hospitalar C, só possuem grelhas de insuflação de ar. A extracção do ar interior pode ser realizada pelas diferenças de pressão entre os diferentes compartimentos e através de sistemas de extracção dos quartos de banho. No caso da unidade hospitalar C, a enfermaria 7, possui grelhas de insuflação e de extracção, realizando assim, de uma forma mais eficiente a renovação do ar.

A ventilação mecânica de duplo fluxo tem algumas vantagens, pois apesar de ser mais eficiente evita que haja “correntes de ar” entre compartimentos e impede a possível contaminação de compartimentos adjacentes. (CEN, 2006; Pinto, 2006; Russel *et al.*, 2005; Concannon, 2002; Axley, 2000; Liddament, 1996; Mansson, 1995; BSI, 1991).

Segue-se uma descrição de aspectos relativos aos sistemas de ventilação que alimentam as enfermarias das unidades hospitalares A, B e C, utilizando a tabela 10 e a figura 30, elucidativa da localização das grelhas de insuflação nas enfermarias avaliadas.

Tabela 10 - Aspectos relativos aos sistemas de ventilação que integram as enfermarias avaliadas

	Unidade Hospitalar A		Unidade Hospitalar B		Unidade Hospitalar C		
	Enf 1	Enf 2	Enf 3	Enf 4	Enf 5	Enf 6	Enf 7
Distribuição de ar do projecto	Grelha insuflação: enfermaria Grelha de extracção: corredor		Grelha insuflação: enfermaria Grelha de extracção: corredor		Grelha insuflação: enfermaria Grelha de extracção: ausente		Grelha de insuflação e de extracção: enfermaria
Localização da grelha insuflação	Junto ao tecto (paralela à parede da porta a \approx 1 m)		Parede (por cima da porta)		Parede (por cima da porta)		Tecto (afastada da porta)
Material das condutas	Aço galvanizado		Aço galvanizado (protecção com alumínio)		Aço galvanizado		Aço galvanizado (protecção com alumínio)
Isolamento das condutas	Externo (fibra mineral)		Externo (fibra mineral)		Externo (fibra mineral)		
Sistemas de humidificação	Não		Não		Não		
Sistema de manutenção	Seguem as regulamentações ^{a)}		Seguem as regulamentações ^{a)}		Seguem as regulamentações ^{a)}		

a) Recomendações descritas no RSECE (DL n° 79/2004)



Figura 30 - Localização das grelhas de insuflação nas enfermarias 1-7 (as setas representam as respectivas grelhas)

Para as enfermarias 1-2 e 5-6, apenas se apresenta uma imagem porque a localização do ponto de insuflação é a mesma, apesar de serem internamentos diferentes.

Relativamente ao **plano de manutenção de limpeza**, existe um plano de manutenção pré-definido para cada Unidade Hospitalar. De manhã ocorre, geralmente, uma limpeza às enfermarias (húmida e seca). Sempre que se considera pertinente e, dado que se trata de um edifício hospitalar, as enfermarias são sujeitas a limpezas extraordinárias.

2. Avaliação e controlo dos parâmetros ambientais

Os valores médios obtidos para os parâmetros HR, temperatura e CO₂, relativos a cada dia de colheita de ar, apresentam-se descritos nas tabelas 11 e 12, para as estações de Inverno e Primavera, respectivamente.

Tabela 11 - Valores médios obtidos nas enfermarias avaliadas, para os parâmetros HR, temperatura e CO₂, durante a estação de **Inverno**

		Humidade Relativa ^{a)} (%)	Temperatura ^{a)} (°C)	CO ₂ ^{a)} (ppm)	
UHA	Enf 1	Ar interior: Manhã	32,4±2,5 (29,9-34,9)	23,9±0,9 (23,0-24,8)	714±31 (683-745)
		Ar interior: Tarde	26,1±0,2 (25,9-26,3)	24,0±0,1 (23,9-24,1)	814±32 (782-846)
		Ar novo	31,2±4,1 (27,1-35,3)	12,8±2,7 (10,1-15,5)	406±3 (403-409)
	Enf 2	Ar interior: Manhã	49,8±1,5 (48,3-51,3)	21,5±0,3 (21,2-21,8)	571±67 (504-638)
		Ar interior: Tarde	54,1±4,5 (49,6-58,6)	21,7±2,0 (19,7-23,7)	778±46 (732-824)
		Ar novo	68,6±8,6 (60,0-77,2)	14,7±2,6 (12,1-17,3)	387±6 (381-393)
UHB	Enf 3	Ar interior: Manhã	55,9±1,1 (54,8-57,0)	23,8±0,4 (23,4-24,2)	952±33 (919-985)
		Ar interior: Tarde	57,7±2,4 (55,3-60,1)	23,4±0,9 (22,5-24,3)	738±58 (680-796)
		Ar novo	73,6±3,2 (70,4-76,8)	17,9±0,6 (17,3-18,5)	418±21 (397-439)
	Enf 4	Ar interior: Manhã	58,8±2,8 (56,0-61,6)	23,4±0,9 (22,5-24,3)	640±12 (628-652)
		Ar interior: Tarde	55,5±3,7 (51,8-59,2)	22,5±2,0 (20,5-24,5)	730±28 (702-758)
		Ar novo	70,1±2,1 (68,0-72,2)	18,4±0,6 (17,8-19,0)	359±2 (357-361)

a) Média ± desvio-padrão (mínimo-máximo)

Tabela 12 - Valores médios obtidos nas enfermarias avaliadas, para os parâmetros HR, temperatura e CO₂, durante a estação de **Primavera**

		Humidade Relativa ^{a)} (%)	Temperatura ^{a)} (°C)	CO ₂ ^{a)} (ppm)	
UHA	Enf 1	Ar interior: Manhã	49,4±1,6 (47,8-51,0)	23,2±0,6 (22,6-23,8)	778±48 (730-826)
		Ar interior: Tarde	47,6±3,0 (44,6-50,6)	23,2±1,1 (22,1-24,3)	718±66 (652-784)
		Ar novo	57,5±3,2 (54,3-60,7)	16,4±1,1 (15,3-17,5)	337±2 (335-339)
	Enf 2	Ar interior: Manhã	40,1±1,4 (38,7-41,5)	24,9±0,4 (24,5-25,3)	421±55 (366-476)
		Ar interior: Tarde	38,1±1,4 (36,7-39,5)	24,4±0,5 (23,9-24,9)	509±28 (481-537)
		Ar novo	31,7±1,3 (30,4-33,0)	23,2±0,9 (22,3-24,1)	316±1 (315-317)
UHB	Enf 3	Ar interior: Manhã	53,8±2,7 (51,1-56,5)	23,9±0,5 (23,4-24,4)	521±71 (450-592)
		Ar interior: Tarde	44,1±1,0 (43,1-45,1)	24,1±0,4 (23,7-24,5)	499±37 (462-536)
		Ar novo	43,9±1,2 (42,7-45,1)	23,0±0,3 (22,7-23,3)	364±11 (353-375)
	Enf 4	Ar interior: Manhã	45,4±0,4 (45,0-45,8)	24,5±0,1 (24,4-24,6)	625±43 (582-668)
		Ar interior: Tarde	44,3±0,7 (43,6-45,0)	25,1±0,3 (24,8-25,4)	557±13 (544-570)
		Ar novo	44,7±1,2 (43,5-45,9)	23,8±0,6 (23,2-24,4)	370±10 (360-380)

a) Média ± desvio-padrão (mínimo-máximo)

Tabela 12 (cont.)

		Humidade Relativa ^{a)} (%)	Temperatura ^{a)} (°C)	CO ₂ ^{a)} (ppm)	
UHC	Enf 5	Ar interior: Manhã	50,3±2,2 (48,1-52,5)	23,0±0,6 (22,4-23,6)	566±19 (547-585)
		Ar interior: Tarde	48,2±1,8 (46,4-50,0)	22,3±0,8 (21,5-23,1)	536±29 (507-565)
		Ar novo	50,4±3,1 (47,3-53,5)	18,9±1,2 (17,7-20,1)	323±5 (318-328)
	Enf 6	Ar interior: Manhã	55,2±0,5 (54,7-55,7)	24,8±0,3 (24,5-25,1)	742±35 (707-777)
		Ar interior: Tarde	55,3±2,4 (52,9-57,7)	24,2±0,3 (23,9-24,5)	601±36 (565-637)
		Ar novo	58,0±2,7 (55,3-60,7)	22,0±0,5 (21,5-22,5)	312±3 (309-315)
	Enf 7	Ar interior: Manhã	37,7±1,9 (35,84-39,60)	22,1±1,1 (21,0-23,2)	619±32 (587-651)
		Ar interior: Tarde	42,6±2,6 (40,0-45,2)	25,2±1,1 (24,1-26,3)	780±100 (680-880)
		Ar novo	31,5±4,4 (27,1-35,9)	27,4±0,4 (27,0-27,8)	406±3 (403-409)

a) Média ± desvio-padrão (mínimo-máximo)

Especificamente, para uma melhor evidência da variação dos valores obtidos durante o tempo das colheitas de ar, relativamente aos parâmetros referidos acima, construíram-se os gráficos representados nas figuras 30, 31 e 32. Em cada gráfico representam-se os valores médios e os respectivos desvios-padrão.

2.1. Avaliação da humidade relativa

A variação da HR ao longo dos dias de amostragem está representada no gráfico da figura 31.

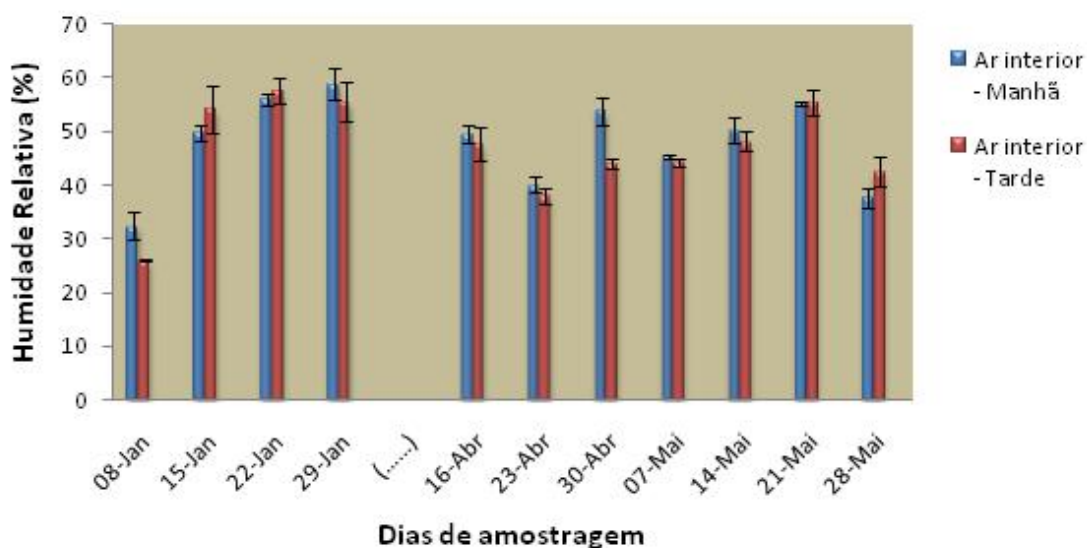


Figura 31 - Monitorização da humidade relativa relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera)

Pela análise do gráfico verifica-se que, em cada dia de observação, e no interior de cada uma das enfermarias, os valores de humidade relativa pouco diferem, nos períodos da manhã e da tarde. Constata-se também, fazendo uma análise das tabelas 11 e 12, que os valores obtidos, quer de manhã quer de tarde, no interior das enfermarias, são menores do que os obtidos nos locais de admissão de ar novo, nos correspondentes períodos de tempo.

Pela análise dos resultados verifica-se que se pode conseguir um controlo da humidade apenas com sistemas de ventilação, através da renovação de ar e do controlo de temperatura (aquecimento e arrefecimento), uma vez que nos sistemas de AVAC, utilizados para as enfermarias em estudo, não existem humidificadores. O dia 8 de Janeiro foi excepcionalmente seco. Além disso, entende-se que a correcção existente para os valores de humidade relativa obtidos no interior, comparativamente aos de ar novo, se deve, exclusivamente, às entregas térmicas do sistema aquando da passagem do ar pelas serpentinas.

Os casos em que o teor de humidade verificado no ar novo é inferior ao do ar interior verificam-se essencialmente na estação da Primavera e associa-se este facto às condições climatéricas do ar exterior (com percentagem baixa de HR).

Relembrando o estudo de Orme (1997), acrescenta-se que percentagens maiores que 60% de humidade relativa, para além de serem consideradas não confortáveis, contribuem de forma mais acentuada para o desenvolvimento de fungos. Especificamente, segundo o mesmo autor, para a maioria dos espaços hospitalares, os valores de humidade relativa para conforto estão compreendidos entre 30%-60%, o que mais uma vez salienta a conformidade com os resultados obtidos.

O presente trabalho revela que as três unidades hospitalares estão em concordância com o descrito por Orme (1997), cumprindo os procedimentos para condições de conforto e bem-estar.

2.2. Avaliação da temperatura

O gráfico da figura 32 representa a variação da temperatura ao longo dos dias de amostragem.

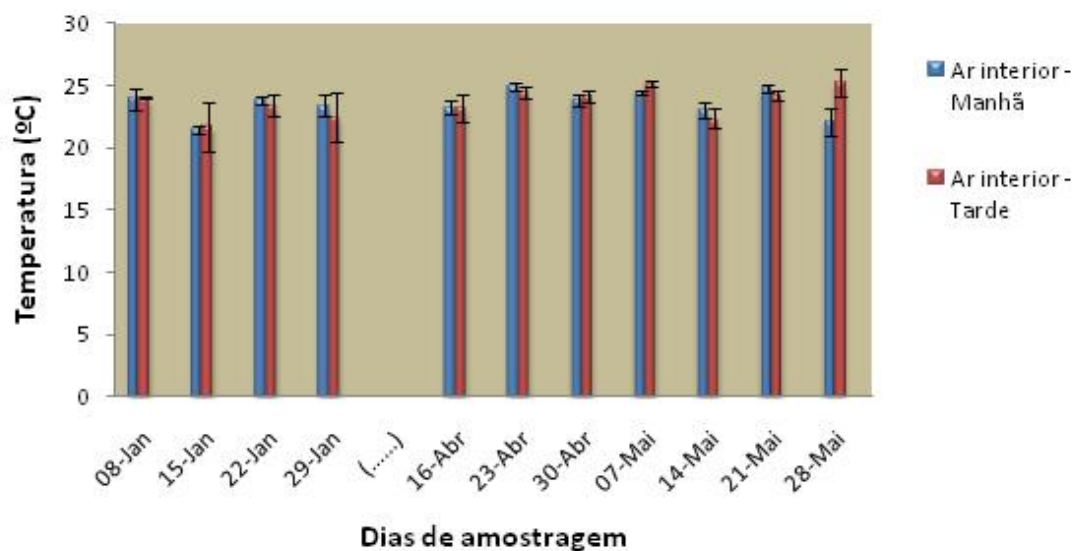


Figura 32 - Monitorização da temperatura relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera)

Pela análise do gráfico relativo à variação da temperatura, verifica-se que, nas três unidades hospitalares, quer na estação de Inverno, quer na estação de Primavera, a

temperatura dos espaços interiores nas enfermarias se pode considerar praticamente constante ao longo de todo o tempo de análise.

Este facto revela a existência de sistemas de climatização e um bom plano de manutenção destes, nas três unidades hospitalares estudadas.

2.3. Avaliação de CO₂

O gráfico da figura 33 representa a variação do CO₂ ao longo dos dias de amostragem.

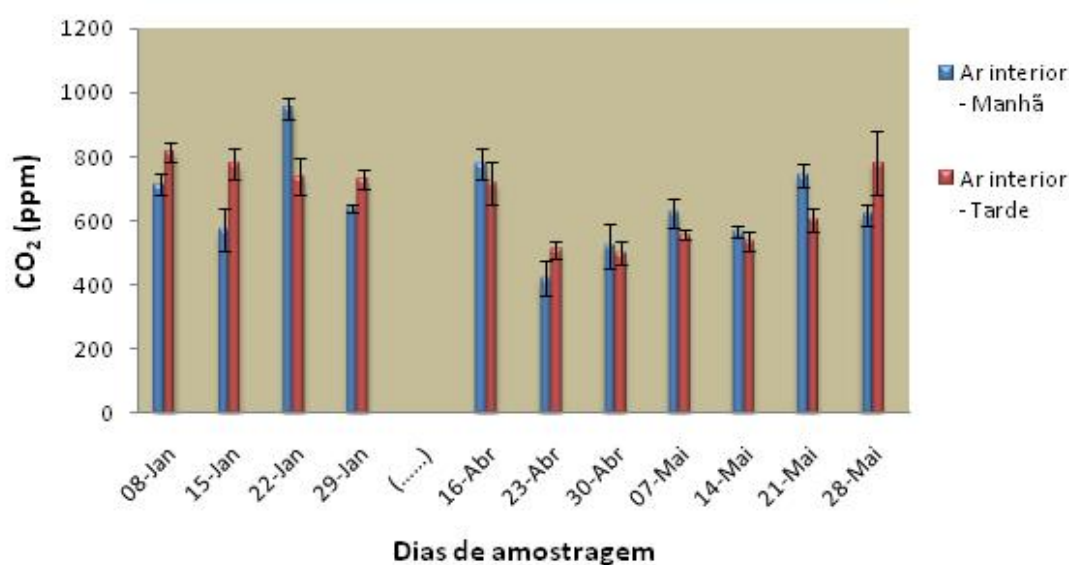


Figura 33 - Monitorização do CO₂ relativamente aos dias de amostragem (Inverno e Primavera)

Pela análise do gráfico verifica-se que os valores obtidos no interior das enfermarias, quer no período da manhã, quer no da tarde, também se mantêm muito próximos, entre si, durante todo o tempo de investigação.

É de salientar o elevado valor de concentração de CO₂ obtido no dia 22 de Janeiro, durante a colheita da manhã na enfermaria 3 (UH B). Dado que as janelas se mantiveram fechadas e o número de ocupantes, no geral, também se manteve, estes não revelam ser os principais factores responsáveis pelo aumento verificado. Assim, provavelmente o elevado valor obtido (952 ppm), estará relacionado com a eficiência de ventilação nesse dia.

Pela análise das tabelas 11 e 12 verifica-se que os valores obtidos para os níveis de CO₂ do ar novo se mantêm aproximadamente constantes ao longo do tempo. Estes

valores foram obtidos nos locais de admissão de ar para o sistema, sendo que nas unidades hospitalares A e B estes locais correspondem às áreas técnicas e na unidade hospitalar C, o local de medição corresponde ao exterior do edifício.

Constata-se também, e relativamente ao ar novo, que os locais de medição correspondem a espaços com níveis de poluição relativamente baixos, mesmo no caso das medições realizadas no exterior da UH C, que se localiza num centro urbano.

2.4. Comparação dos valores médios com os critérios de referência

Relativamente aos parâmetros HR e temperatura refere-se que os valores médios obtidos em cada amostragem na maior parte das enfermarias estão concordantes com os valores regulamentares descritos no RCCTE, nas normas ISO 7730 e ASHRAE 55-2004 e pela IAQA. Uma das excepções foi observada na enfermaria 1, no Inverno, dia extremamente seco e frio, em que foram registados valores médios de HR de 26,1%, abaixo dos 30% recomendados. Na UH C verificaram-se valores de temperatura abaixo dos valores recomendados nas enfermarias 5 de tarde (valor médio de 22,3°C) e 7 de manhã (valor médio de 22,1°C), nas medições de Primavera. Os valores regulamentares encontram-se referenciados no capítulo II, no item 3.4. (Critérios de Referência).

No que se refere ao CO₂, verificou-se se os valores médios obtidos estavam de acordo com o critério de conformidade exigido pelo SCE (NT-SCE-02).

Efectuando os cálculos necessários, através da equação descrita no capítulo 2, item 3.4., obtiveram-se os valores que constam na tabela 13, relativamente aos locais avaliados.

Pela análise dos resultados verifica-se que, nas condições em que o estudo foi realizado, as concentrações máximas de dióxido de carbono, em cada um dos locais avaliados, são inferiores às respectivas concentrações máximas de referência, verificando-se assim a conformidade legal para este parâmetro. Exceptua-se o caso da amostragem na enfermaria 3, na colheita da manhã, no Inverno, em que o valor calculado é superior ao regulamentar.

Tabela 13 - Concentração de CO₂ para aplicação do critério de conformidade

Local de amostragem			Dióxido de carbono			
			MedT (mg/m ³)	N _{ocup. max} /N _{ocup}	Valor calculado para aplicação do critério de conformidade (mg/m ³)	
Inverno	Enf 1	Ar interior: manhã	1285	4/4	1285	
		Ar interior: tarde	1465	4/4	1465	
	Enf 2	Ar interior: manhã	1028	4/4	1028	
		Ar interior: tarde	1400	4/4	1400	
	Enf 3	Ar interior: manhã	1713	3/2	2194	
		Ar interior: tarde	1328	3/2	1616	
	Enf 4	Ar interior: manhã	1152	3/3	1152	
		Ar interior: tarde	1314	3/3	1314	
	Primavera	Enf 1	Ar interior - manhã	1400	4/3	1665
			Ar interior - tarde	1292	4/4	1292
Enf 2		Ar interior - manhã	757	4/4	757	
		Ar interior - tarde	917	4/3	1033	
Enf 3		Ar interior - manhã	938	3/3	938	
		Ar interior - tarde	898	3/2	1020	
Enf 4		Ar interior - manhã	1124	3/3	1124	
		Ar interior - tarde	1002	3/2	1170	
Enf 5		Ar interior - manhã	1018	3/2	1236	
		Ar interior - tarde	964	3/3	964	
Enf 6		Ar interior - manhã	1336	3/3	1336	
		Ar interior - tarde	1081	3/2	1341	
Enf 7		Ar interior - manhã	1114	3/2	1306	
		Ar interior - tarde	1403	3/3	1403	

3. Controlo microbiológico: fungos

De acordo com o obtido durante a fase de amostragem e, após o tempo de incubação das placas, procedeu-se à contagem das colónias, para cada placa. Deu-se especial importância às placas que contêm entre 30 a 300 colónias de fungos, tendo-se obtido as seguintes placas “com significado”: estação de inverno - 41, de um total de 120; estação de Primavera - 110, de um total de 320 placas. As restantes placas foram consideradas “sem significado”, devido a possuírem um valor total de colónias menor que 30 ou superior a 300. Noutras placas ocorreu o aparecimento de fungos invasivos que impediram a correcta contagem.

De referir que se observou uma grande variância nos resultados obtidos em alguns conjuntos de amostragem que se reflectiu em elevados desvio-padrão (Tabelas 14 e 15 e Figura 33). Para tal pode ter contribuído a dinâmica do ar amostrado no momento das colheitas.

Para cada um dos valores obtidos em cada placa “com significado”, de acordo com o volume utilizado, converteu-se o resultado em UFC/m³.

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente, de forma a proporcionar uma maior fiabilidade na sua análise. Para identificação de *outliers* aplicou-se o teste de Dixon a um nível de significância de 0,05.

3.1. Análise dos resultados de UFC/m³ obtidos no Inverno

Recorda-se que as amostragens de Inverno foram efectuadas durante o mês de Janeiro, nas unidades hospitalares A e B, sendo os edifícios que as constituem bastante similares.

A tabela 14 apresenta os valores médios obtidos e os respectivos desvios-padrão relativamente a cada colheita de ar.

Tabela 14 - Valores médios da concentração de fungos (UFC/m³) - **Inverno**

	UH A		UH B	
	Enf 1 Med.Interna	Enf 2 Ortopedia	Enf 3 Ortopedia	Enf 4 Neurocirurgia
Ar interior: Manhã	64±9	125±27	57±4	112±57
Ar interior: Tarde	32^{a)}	72±21	57±14	74±11
Ar novo	154±13	665±253	65±1	108±24

a) Único valor obtido

Aos valores obtidos aplicou-se o teste *t-student* para comparação dos resultados e avaliação da influência da hora de amostragem e do serviço no mesmo hospital, mas também do mesmo serviço em hospitais diferentes. Por fim, compararam-se os valores médios globais dos dois hospitais. Compararam-se os dados a um nível de significância de 0,05.

3.1.1. Influência da hora de amostragem: manhã e tarde

Comparando os valores obtidos de manhã e de tarde, na mesma enfermaria, para cada dia de colheita de ar, não se encontram diferenças com significado estatístico, a um nível de significância de 0,05, embora se possa observar uma tendência para valores mais baixos durante a tarde. Este comportamento dos fungos ao longo do dia já foi observado num estudo efectuado num Hospital no Brasil (Matins-Diniz *et al.*, 2005).

3.1.2. Influência do serviço

Relativamente à comparação dos valores obtidos nas enfermarias dos dois serviços, da mesma unidade hospitalar, também não se encontraram diferenças com significado estatístico, a um nível de significância de 0,05, tanto nos valores obtidos de manhã como nos de tarde.

3.1.3. Influência da Unidade Hospitalar

Compararam-se os valores das enfermarias do mesmo serviço (Ortopedia) nos dois hospitais, e também não se encontraram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

3.1.4. Resultados globais: UH A e UH B

Considerando os valores médios globais de cada hospital, obter-se-ia um valor médio de 76 UFC/m³ (desvio padrão de 33) para a UH A e um valor médio de 76 UFC/m³ (desvio padrão de 37) para a UH B, não se observando diferenças com significado estatístico.

Concluindo, os resultados obtidos no Inverno nos dois hospitais estudados, mostram que não há diferença significativa nos valores médios obtidos. Para tal deve contribuir o facto dos valores de Inverno serem bastante baixos, e o facto dos dois edifícios serem bastante semelhantes. A única diferença era ao nível do material dos caixilhos das janelas (alumínio vs PVC), que parece não ter influência no desenvolvimento de fungos.

3.2. Análise dos resultados de UFC/m³ obtidos na Primavera

As amostragens de Primavera foram efectuadas durante os meses de Abril e Maio, em três edifícios hospitalares: UH A, UH B e UH C. No caso das UH A e B foram estudados os mesmos dois serviços da amostragem de Inverno. No caso da UH C seleccionaram-se serviços comuns aos outros dois hospitais, e efectuou-se adicionalmente um daqueles serviços na parte antiga do Hospital. Neste estudo, e nas duas unidades hospitalares já avaliadas no Inverno, efectuou-se uma amostragem adicional, de manhã muito cedo, de modo a tentar obter uma explicação para a tendência observada na amostragem de Inverno: resultados da contagem ao fim da manhã serem superiores aos da tarde.

A tabela 15 apresenta os valores médios obtidos e os respectivos desvios-padrão relativamente a cada colheita de ar.

Tabela 15 - Valores médios da concentração de fungos (UFC/m³) - **Primavera**

	UH A		UH B		UH C		
	Med.Int. Enf. 1	Ortopedia Enf 2	Ortopedia Enf 3	Neurocir. Enf 4	Ortopedia Enf 5 (parte nova)	Med.Int. Enf 6 (parte nova)	Med.Int. Enf 7 (parte antiga)
Ar interior: Manhã 1 ^{a)}	212±6	27±17	81±14	75±23	-	-	-
Ar interior: Manhã 2 ^{b)}	174±54	960±0	312 ^{c)}	92±19	155±14	282±45	297±66
Ar interior: Tarde	60±11	505±35	127±12	35±4	132±11	258±30	199±108
Ar novo	43 ^{c)}	475±64	417±63	86±23	615±124	509±50	374±65

a) Colheita realizada ao início da manhã

b) Colheita realizada ao final da manhã

c) Único valor obtido

(-) Valor não determinado

Tal como no estudo de Inverno, aplicou-se o teste *t-student* aos valores obtidos para comparação dos resultados e avaliação da influência de vários factores: hora de amostragem, serviço no mesmo hospital, mesmo serviço em hospitais diferentes. Por fim compararam-se os valores médios globais dos três hospitais. Compararam-se os dados a um nível de significância de 0,05.

3.2.1. Influência da hora de amostragem: manhã 1 e manhã 2

Comparando os valores obtidos de manhã cedo e ao fim da manhã, não se encontram diferenças com significado estatístico, a um nível de significância de 0,05, no caso do serviço de medicina interna da UH A (Enf 1) e de neurocirurgia da UH B (Enf 4). Já no caso do serviço de ortopedia da UH A (Enf 2), os resultados são estatisticamente diferentes a um nível de significância de 0,05.

3.2.2. Influência da hora de amostragem: manhã e tarde

Comparando os valores obtidos no fim da manhã e de tarde, encontram-se diferenças com significado estatístico, a um nível de significância de 0,05, nos serviços de ortopedia da UH A (Enf 2), de neurocirurgia da UH B (Enf 4) e no de medicina interna da UH C – parte antiga (Enf 7). Nos outros serviços apenas se pode observar uma tendência para valores mais baixos durante a tarde.

3.2.3. Influência do serviço

Relativamente à comparação entre enfermarias de diferentes serviços do mesmo Hospital encontraram-se em todos os serviços diferenças com significado estatístico, a um nível de significância de 0,05, nos valores obtidos de tarde. Exceptua-se o caso na UH C, entre os serviços de ortopedia e medicina interna (parte antiga), em que os resultados são estatisticamente iguais.

3.2.4. Influência da Unidade Hospitalar

Compararam-se os valores das enfermarias do mesmo serviço (Ortopedia) nos três hospitais, e encontraram-se diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os valores obtidos para a UH A e UH B; UH A e UH C. Os valores da UH B e UH C não são estatisticamente diferentes.

3.2.5. Resultados globais: UH A, UH B e UH C

Considerando os valores médios globais de cada hospital, obter-se-ia um valor médio de 280 UFC/m³ (desvio padrão de 330) para a UH A, um valor médio de 99 UFC/m³ (desvio padrão de 60) para UH B e um valor médio de 235 UFC/m³ (desvio padrão de 82) para a UH C. Observaram-se que os valores da UH B são significativamente mais baixos que os das outras unidades, tendo esta diferença significado estatístico quando comparado com a UH C.

Concluindo, os resultados obtidos na Primavera nos três hospitais estudados, mostram que existem diferenças significativas nos valores médios obtidos.

3.3. Comparação dos resultados das UFC/m³ obtidas no Inverno e na Primavera

Verifica-se que na Primavera os resultados relativos à concentração de UFC/m³ são em geral superiores aos observados no Inverno, para quase todas as enfermarias estudadas, com excepção da enfermaria de neurocirurgia da UH B (Enf 4), que evidencia uma tendência de sentido inverso.

Encontram-se diferenças com significado estatístico, entre as amostragens de Inverno e de Primavera, a um nível de significância de 0,05, no caso da enfermaria de ortopedia da UH A (Enf 2), nas amostragens efectuadas de manhã e de tarde, e nos casos das enfermarias de ortopedia (Enf 3) e de neurocirurgia (Enf 4) da UH B, apenas nas amostragens efectuadas de tarde. Todos os outros valores não são estatisticamente diferentes.

Estudos existentes mostram que os níveis de fungos no Inverno são geralmente inferiores aos das restantes estações do ano, sendo no Verão (Airaksinen *et al.*, 2007) e Outono que se observam as concentrações mais elevadas (Aydogdu e Asan, 2008; Gómez de Ana *et al.*, 2006).

3.4. Avaliação dos níveis de UFC/m³ medidos nos espaços interiores

Numa perspectiva geral apresenta-se o gráfico da figura 34, relativo à variação da frequência de fungos, em cada espaço avaliado, durante os respectivos dias de amostragem.

Pela análise do gráfico, relativamente às amostragens de ar interior, pode-se comprovar algumas das conclusões referidas anteriormente, nomeadamente:

- a diferença entre os resultados da concentração de fungos do final da manhã comparativamente aos do final da tarde;
- a influência da estação de Primavera.

Observando o gráfico, pode-se também verificar, para todas as enfermarias avaliadas, que os valores de concentração de fungos no ar são inferiores ao apresentado como parâmetro de referência (500 UFC/m³), com excepção da Enfermaria 2, na

colheita de Primavera, em que o valor de concentração de fungos ultrapassou o valor regulamentar.

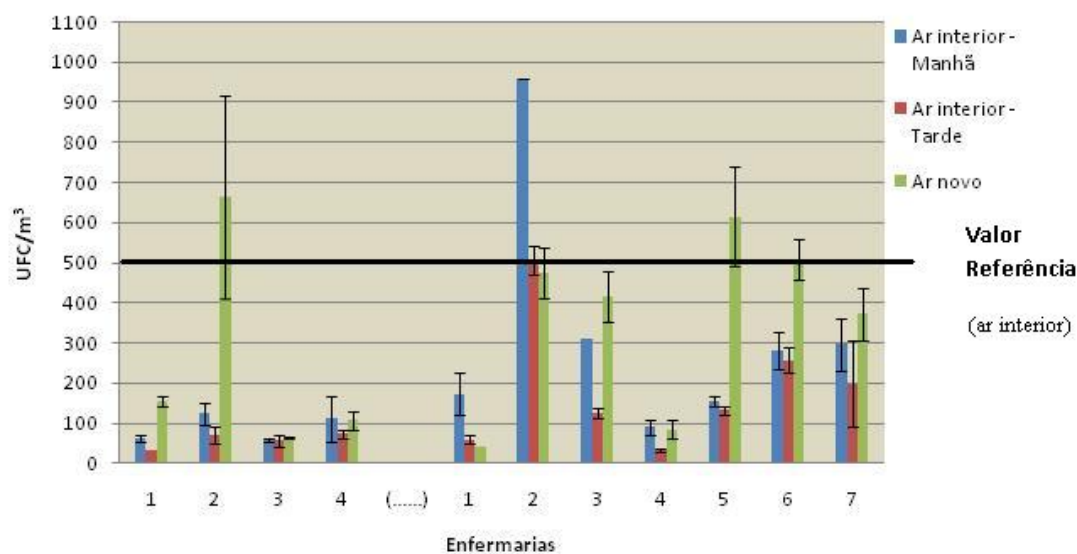


Figura 34 - Concentração de fungos nos espaços avaliados: enfermarias e respectivos locais de admissão de ar novo

De referir que no caso dos fungos, é ainda condição de não-conformidade a verificação de qualquer das seguintes condições:

- Existência de crescimento visível de fungos em qualquer superfície;
- Concentração de fungos no interior superior à detectada no exterior.

Conforme foi já referido no item 1, deste capítulo, em nenhum dos locais estudados foi detectada visualmente a existência de fungos. Considerando a condição b), observam-se não conformidades nas Enfermarias 1 e 2, na colheita da Primavera.

Comparando este excesso de concentração obtido com os parâmetros físico-químicos, com a predominância de janelas abertas/fechadas e com o número de visitantes, entre as diferentes enfermarias avaliadas, não se verificou variação relevante que justificasse aquele excesso. Este facto pode ser devido à limpeza da enfermaria que se realizou durante a colheita de ar, pela movimentação de materiais no interior daquela, podendo proporcionar uma maior dispersão de esporos.

Considerando os valores obtidos no estudo realizado no Hospital de São João (Araújo *et al.*, 2008), em que a média das concentrações de fungos atmosféricos

encontrados nas enfermarias do grupo III, sem medidas de filtragem extraordinárias, foi de cerca de 193 UFC/m³, verifica-se que os valores obtidos no presente estudo, com a excepção da Enfermaria 2, são da mesma ordem de grandeza.

De forma a avaliar a influência do ar que alimenta as enfermarias com a concentração de fungos obtida, compararam-se os totais de fungos encontrados para as enfermarias 6 e 7, já que a enfermaria 6 integra uma admissão de 100% de ar novo e a enfermaria 7 é alimentada por ar de mistura, com 70% de ar novo e 30% de ar recirculado. Optou-se por estas enfermarias porque se localizam na mesma unidade hospitalar (UH C), sendo uma na parte nova (Enf 6) e a outra na parte antiga (Enf 7), e representam o mesmo serviço, diminuindo assim a interferência de factores específicos do serviço. Verifica-se que os resultados obtidos, para ambas as enfermarias, não apresentam grandes variações. Este facto parece indicar que, neste caso de estudo, quer seja ar recirculado ou ar novo a alimentar o interior de uma enfermaria, não se detecta diferença nos resultados da concentração de fungos.

3.5. Análise da relação da concentração de fungos com a humidade relativa

De acordo com todas as análises de dados efectuadas, não parece haver correlação significativa entre os valores de humidade relativa e os valores de concentração de fungos obtidos. De facto, os valores de humidade relativa no ambiente interior não variaram muito (valor médio global de 47,4%±8,6, sendo que para a estação de Inverno o valor foi de 48,8%±12,5 e para a de Primavera 46,6%±5,9), mas observaram-se grandes variações dos valores de fungos, embora com níveis pouco elevados. Agrupando os valores por hospitais, de modo a diminuir o número de factores que influenciam o resultado medido, obtêm-se valores de correlação bastante baixos (r entre 0,05 e 0,53).

Embora os esporos pudessem encontrar-se no ar, a concentração de fungos poderia ser superior se os ambientes interiores em estudo tivessem condições propícias para a germinação dos esporos. Apesar da temperatura encontrada nos espaços

avaliados ser favorável ao desenvolvimento de fungos, a humidade relativa não foi superior a 60%.

De acordo com o descrito no documento da WHO (2009), a humidade relativa mais baixa para a germinação de algumas espécies de fungos é de 62-65%. O mesmo documento refere que experiências em edifícios e em materiais de construção indicam que superfícies susceptíveis podem ser mantidas livres do crescimento fúngico se a humidade relativa for mantida abaixo dos 75-80%. Acrescenta-se que a maioria dos fungos não crescem abaixo de uma humidade relativa de 80% (Adan, 1994) ou abaixo de 75%, dentro de um intervalo de temperatura de 5-40°C (Viitanen e Ritschkoff, 1991).

Concluindo, como os valores de humidade relativa no interior não apresentam grandes oscilações não é possível avaliar com precisão a influência deste parâmetro no crescimento fúngico.

3.6. Análise da relação da concentração de fungos com a temperatura e com o CO₂

De forma a verificar a influência da temperatura na concentração de fungos, em ambiente interior, determinou-se o coeficiente de correlação entre estes parâmetros. Obteve-se uma correlação positiva fraca ($r = 0,30$).

Nota-se, mais uma vez que, ambientes controlados, com apenas ligeiras oscilações de um determinado parâmetro (neste caso a temperatura), dificultam a avaliação com precisão da influência do factor em estudo no crescimento de fungos.

Relativamente ao CO₂ é de referir que parece haver uma correlação negativa ($r=-0,60$) entre a variação deste factor com os valores de concentração de fungos obtida no ar interior. O gráfico da figura 35 evidencia a referida correlação.

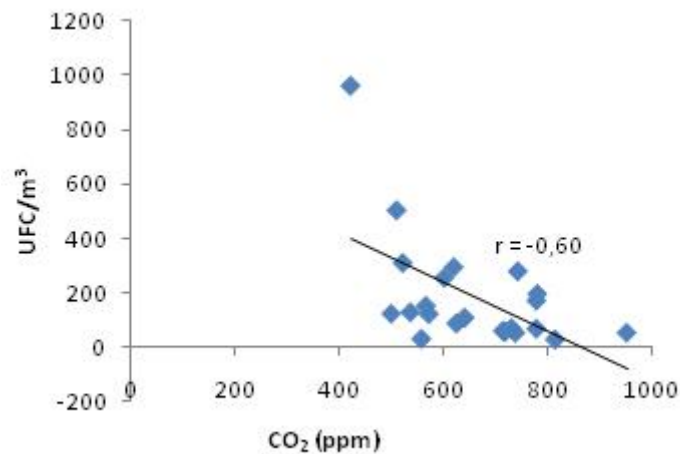


Figura 35 - Correlação entre a concentração de fungos (UFC/m³) e CO₂

Segundo Ramachandran *et al.* (2005), as concentrações de CO₂ têm um efeito positivo nas concentrações de fungos, referindo que a concentração destes aumenta com o aumento de CO₂.

No presente estudo verifica-se o contrário, o que poderá indiciar que a maior fonte de fungos será o ar novo (Figura 33), que será predominante sobre fontes interiores. Daí que um aumento de ventilação, com conseqüente diminuição da concentração de CO₂, se reflecta num aumento de fungos.

3.7. Relação da concentração de fungos do ar interior com a do ar de admissão

Tentou-se verificar se existiria alguma relação entre os níveis de fungos do ar exterior com os valores obtidos nas diferentes enfermarias. Considerando os valores de Inverno, verifica-se a existência de uma correlação de 0,50 (figura 36 - gráfico 1). Nos resultados de Primavera este valor é de 0,40 (figura 36 - gráfico 2).

Se considerarmos os valores de todas as enfermarias das duas estações em conjunto, poderemos atingir uma correlação de 0,40 (figura 36 - gráfico 3).

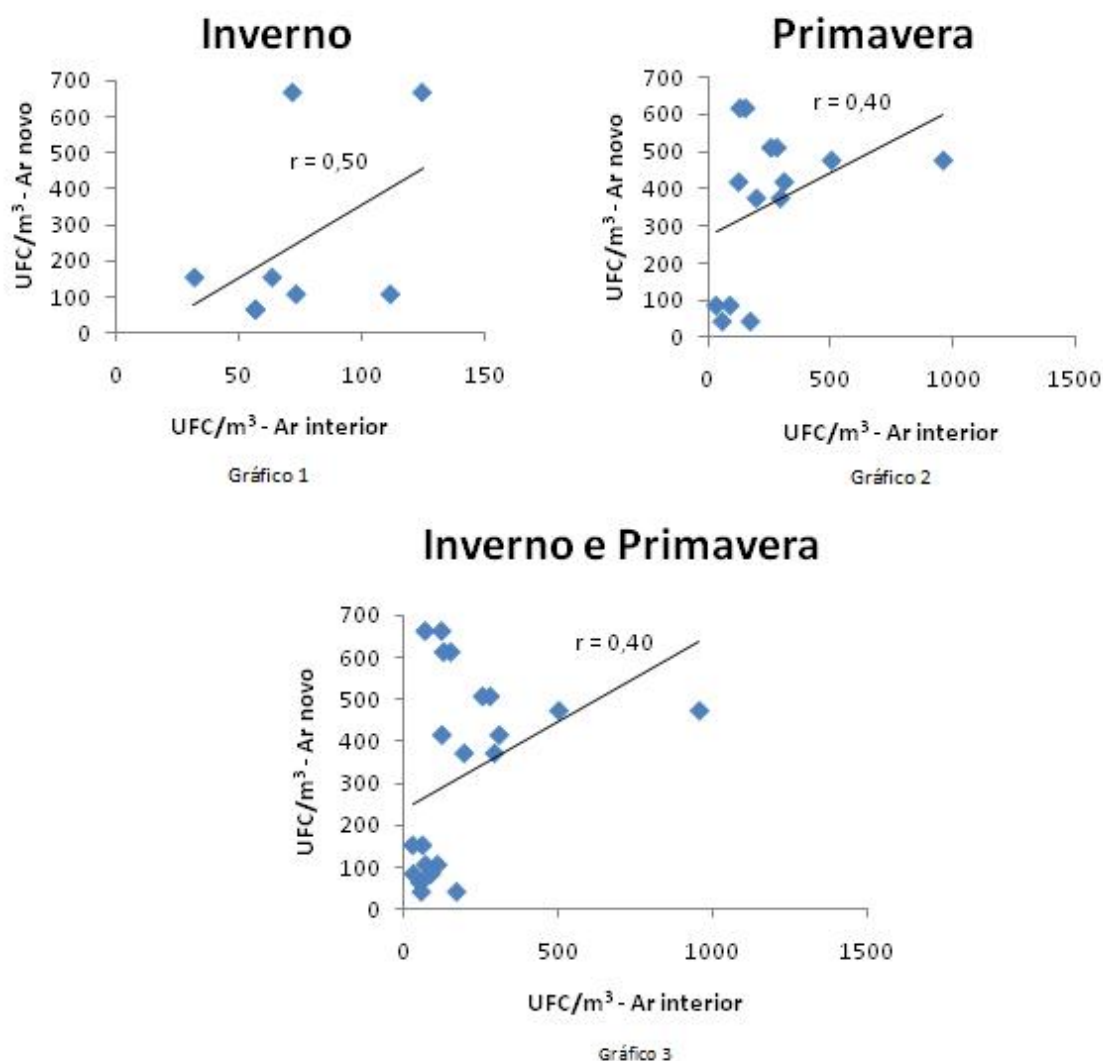


Figura 36 - Correlação entre a concentração de fungos no ar novo e no ar interior

De acordo com Aydogdu e Asan (2008), Liao *et al.* (2004) e Wu *et al.* (2000), a principal origem dos fungos que se encontram em ambientes interiores é o ar exterior. Pelos resultados obtidos, apesar da grande dispersão observada nos valores globais, verifica-se uma correlação positiva entre a concentração de fungos no ar interior e no ar novo.

É de referir que todas as unidades hospitalares estudadas possuem sistemas AVAC e, portanto, pela generalidade dos resultados obtidos pode-se verificar uma eventual influência dos sistemas de filtragem, na menor concentração de fungos encontrada em ambientes interiores. Esta análise está de acordo com Munoz *et al.* (2004), Alberti *et al.* (2001), Oren *et al.* (2001) e Leenders *et al.* (1999) que referem

que, em hospitais, o uso de sistemas de filtração do ar e outras medidas preventivas diminui a entrada de fungos do exterior para o ambiente interior, reduzindo a sua concentração. De facto, de acordo com Ribéron *et al.* (2002), em edifícios escolares os valores são mais baixos nas escolas equipadas com sistema de ventilação mecânica, onde as concentrações são geralmente inferiores ao valor limite.

Este facto foi também comprovado através de um estudo realizado em salas de aula de três escolas públicas de três concelhos do norte de Portugal (Silva, 2007). No referido estudo, as escolas não apresentavam ventilação mecânica e, na globalidade, os valores de concentração de fungos nos respectivos espaços interiores foram bastante superiores aos valores de referência (500 UFC/m³).

Desta forma se realça a importância da ventilação para a manutenção da QAI.

3.8. Análise da concentração de fungos em função das condições no interior no momento das colheitas

As condições no momento das colheitas de ar, tais como o número de doentes ou visitas, o facto de ocorrerem actividades de limpeza em simultâneo, e o facto de as janelas estarem abertas ou fechadas, poderão influenciar os resultados obtidos. Assim, nesta secção apresentam-se as condições registadas no momento das amostragens de ar e procura-se a existência de uma relação entre aqueles factores e os resultados obtidos para a concentração de fungos.

Realça-se o facto de se estar perante edifícios hospitalares e, portanto, não ser conveniente alterar a rotina nas enfermarias avaliadas, de forma a diminuir a influência de determinados factores, como por exemplo, controlar o factor janela aberta ou fechada.

Começa-se por se apresentar os registos de Inverno, nas tabelas 16 e 17.

O facto da janela estar aberta ou fechada poderia influenciar os resultados obtidos, mas os resultados de Inverno e o número de ocorrências não foi suficiente para conseguir inferir essa relação causa-efeito. Apenas durante uma amostragem uma janela esteve aberta e o resultado obtido não se mostra anormal relativamente à tendência observada nas restantes amostragens.

Tabela 16 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Inverno na **UH A**

Unidade Hospitalar A								
Medicina Interna – Enf 1					Ortopedia – Enf 2			
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã	64	fechada	4+1	não	125	aberta	4+1	não
Ar interior: Tarde	32	fechada	4+2	não	72	fechada	4+2	não
Ar novo	154	-	-	-	665	-	-	-

(-) sem aplicação

Tabela 17 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Inverno na **UH B**

Unidade Hospitalar B								
Ortopedia – Enf 3					Neurocirurgia – Enf 4			
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã	57	fechada	2+3	não	112	fechada	3+0	não
Ar interior: Tarde	57	fechada	2+3	não	74	fechada	3+4	não
Ar novo	65	-	-	-	108	-	-	-

(-) sem aplicação

Observando os resultados também não se consegue obter uma correlação significativa entre o número de pessoas na enfermaria e a concentração de fungos. Relativamente às acções de limpeza, estas tinham ocorrido antes da amostragem da manhã, pelo que se supõe que será a causa das concentrações serem mais elevadas de manhã, comparativamente às da tarde.

Na amostragem da Primavera, para se verificar a influência das acções de limpeza, tentou-se fazer uma amostragem antes da limpeza (Manhã 1) e outra após a limpeza (Manhã 2), para além da análise dos mesmos factores observados na amostragem de Inverno – Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na **UH A**

Unidade Hospitalar A								
Medicina Interna – Enf 1					Ortopedia – Enf 2			
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã 1	212	fechada	3+0	sim	27	aberta	4+0	não
Ar interior: Manhã 2	174	fechada	3+3	sim	960	aberta	4+1	sim
Ar interior: Tarde	60	fechada	4+2	não	505	aberta	3+3	não
Ar novo	43	-	-	-	475	-	-	-

(-) sem aplicação

Tabela 19 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na **UH B**

Unidade Hospitalar B								
Ortopedia – Enf 3					Neurocirurgia – Enf 4			
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã 1	81	aberta	3+0	não	75	aberta	3+0	não
Ar interior: Manhã 2	312	aberta	3+0	sim	92	aberta	3+3	não
Ar interior: Tarde	127	aberta	2+1	não	35	fechada	2+0	não
Ar novo	417	-	-	-	86	-	-	-

(-) sem aplicação

As tabelas 20 e 21 referem-se às ocorrências observadas nos momentos das colheitas na UH C e às respectivas concentrações de fungos.

Tabela 20 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na **UH C (parte nova)**

Unidade Hospitalar C (parte nova)								
Ortopedia – Enf 5					Medicina Interna – Enf 5			
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã	155	aberta	2+0	sim	282	fechada	3+3	sim
Ar interior: Tarde	132	fechada	3+0	não	258	fechada	2+3	não
Ar novo	615	-	-	-	509	-	-	-

(-) sem aplicação

Tabela 21 - Ocorrências observadas durante a amostragem de Primavera na **UH C (parte antiga)**

Unidade Hospitalar C (parte antiga)				
Medicina Interna – Enf 7				
	Fungos UFC/m ³	Janelas	Doentes + visitas	Limpeza
Ar interior: Manhã	297	fechada	2+0	sim
Ar interior: Tarde	199	fechada	3+0	não
Ar novo	374	-	-	-

(-) sem aplicação

No caso das amostragens de Primavera, o número de ocorrências relativas ao facto da janela estar aberta ou fechada também não foi suficiente para conseguir inferir essa relação causa-efeito.

Fazendo uma análise dos resultados obtidos nas UH A e UH B, com o acréscimo da colheita de manhã cedo pode-se verificar que, de facto, as concentrações de fungos foram menores quando a colheita se realizou ao início da manhã, antes da limpeza, comparativamente com as concentrações obtidas ao final da manhã. Exceptua-se o caso da UH A, no serviço de medicina interna (Enf 1), onde se obteve um valor superior ao início da manhã. No entanto, refere-se que, durante a respectiva amostragem, ocorreram

actividades de limpeza, incluindo a mudança de roupa das camas. Além disso, será importante referir que ocorreu movimentação de cortinas, pois foi dado o banho aos doentes. Acresce o facto de, na altura da colheita da manhã cedo, a janela estar fechada ao contrário do que se encontrou nas restantes colheitas, à mesma hora, nos outros dias.

Conclui-se, portanto, que as acções de limpeza são um factor que poderá explicar a diferença de valores encontrados entre o início da manhã-final da manhã e entre o final da manhã-final da tarde. Estas últimas amostragens ocorrem ao final do dia, onde a rotina da limpeza mais profunda já ocorreu de manhã.

Pensa-se, portanto, que estas acções promovem uma maior libertação e dispersão dos esporos fúngicos das superfícies dos materiais para o ar. Ao longo do dia, os esporos vão repousando novamente nas superfícies. Daí os valores da tarde serem menores do que os da manhã.

Observando os resultados da Primavera também não se consegue obter uma correlação significativa entre o número de pessoas na enfermaria e a concentração de fungos, inferindo-se que as acções de limpeza serão um factor mais preponderante na proliferação de fungos do que os doentes e as visitas.

Assim, salienta-se que os valores mais baixos, obtidos nas colheitas da tarde são devidos provavelmente a uma maior estabilização do ar, comparativamente às rotinas da manhã encontradas nos hospitais e o factor janela aberta ou fechada não parece influenciar a conclusão dos resultados.

3.9. Análise dos resultados relativos à flora fúngica

Segue-se uma descrição e análise da identificação dos fungos até ao género encontrados nas três unidades hospitalares, dando especial importância à comparação de fungos encontrados no interior com os fungos encontrados nos locais de admissão de ar. Será também realizada uma referência à frequência dos géneros identificados de acordo com cada visita realizada.

No presente estudo foram identificados cerca de 10 géneros diferentes de fungos no ambiente hospitalar.

Para todas as unidades hospitalares, independentemente da estação do ano, o género predominante é *Cladosporium* (43%), seguido de *Penicillium* (21%) e *Aspergillus* (9%).

Martins-Diniz *et al.* (2005), num estudo realizado no Brasil, verificaram a flora fúngica do ar em pisos de um hospital e encontraram principalmente *Cladosporium* spp. (65%), *Aspergillus* spp. (37,1%), *Fusarium* spp. (20,1%) e *Penicillium* spp. (19,8%), entre outros.

Conclui-se que os géneros de fungos são essencialmente idênticos, no entanto, a diferença de concentração pode dever-se às diferenças climáticas.

Na figura 37, vários gráficos mostram os géneros de fungos identificados para cada unidade hospitalar, para a estação de Inverno (gráficos 1 e 2) e de Primavera (gráficos 3, 4 e 5). Em cada gráfico observa-se a variação da frequência de géneros fúngicos, podendo-se comparar os géneros encontrados no ar interior (manhã e tarde) com os do ar novo.

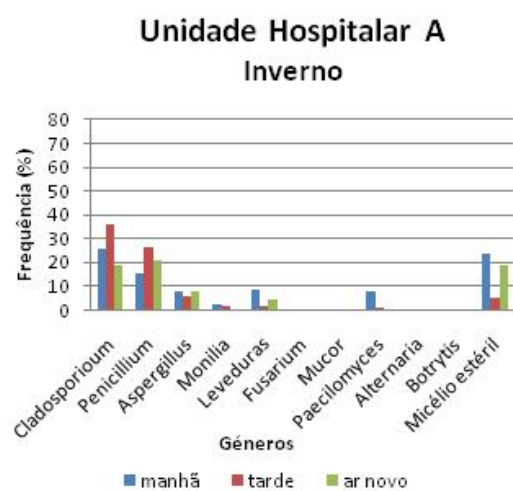


Gráfico 1

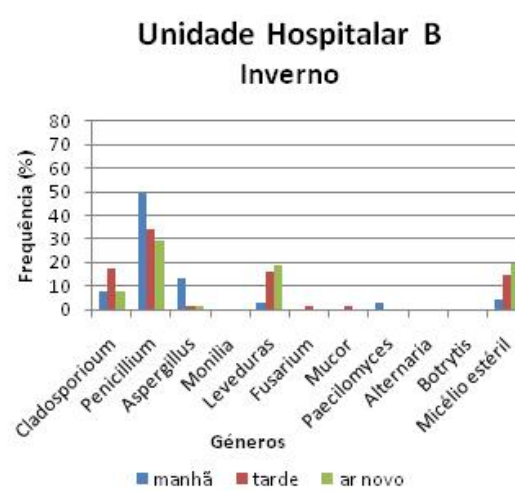


Gráfico 2

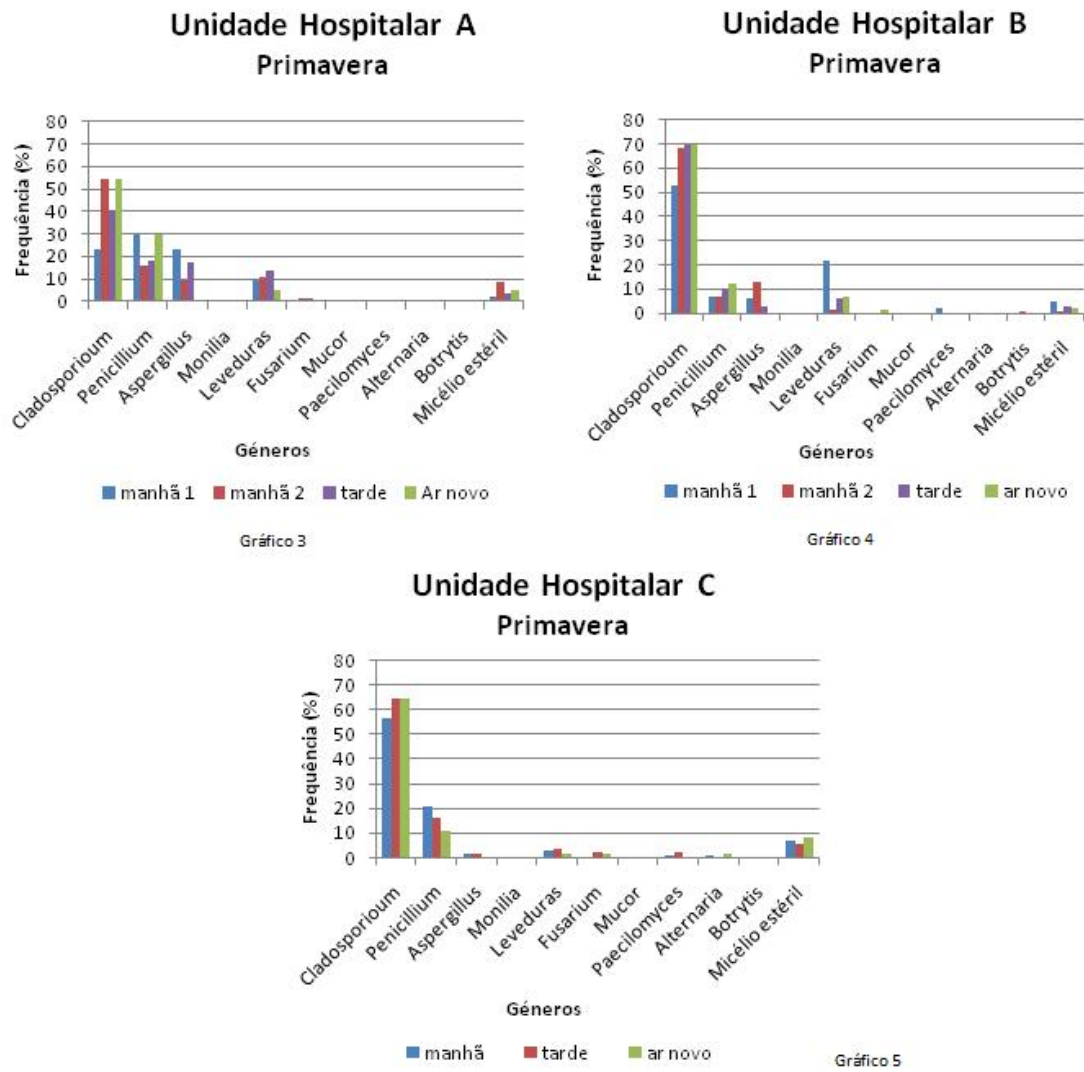


Figura 37 - Frequência relativa dos principais gêneros fúngicos

3.9.1. Análise dos gêneros detectados na amostragem de Inverno

Relativamente aos gêneros identificados para a estação de Inverno indica-se, primeiramente aqueles que se encontraram no ar novo e no ar interior. Não se identificaram gêneros presentes no ar novo e ausentes no ar interior. Os gêneros de fungos que se encontraram unicamente em ambiente interior (ausência no exterior) estão referenciados no item 3.9.4., no presente capítulo.

Observou-se que relativamente ao ar novo que alimenta a UH A e a UH B, respectivamente, os gêneros com maior predominância foram: *Penicillium* (21% e 29%), *Cladosporium* (19% e 8%) e *Aspergillus* (8% e 2%).

No ambiente interior observou-se que na UH A *Cladosporium* foi o gênero predominante (25% de manhã e 36% de tarde), logo seguido de *Penicillium* spp. (15% de manhã e 27% de tarde) e *Aspergillus* spp. (8% de manhã e 6% de tarde).

Já na UH B observou-se predominância de *Penicillium* spp. (49% de manhã e 34% de tarde), seguido de *Cladosporium* spp. (8% de manhã e 18% de tarde), e *Aspergillus* spp. (14% de manhã e 1% de tarde). Observa-se pois uma reprodução no ambiente interior da tendência observada no ar de admissão.

3.9.2. Análise dos gêneros detectados na amostragem de Primavera

A análise dos gêneros identificados para a estação de Primavera, realiza-se de modo idêntico à de Inverno. No entanto, na Primavera identificaram-se gêneros presentes no ar exterior e ausentes no ar interior. Salienta-se que os gêneros de fungos que se encontraram unicamente em ambiente interior (ausência no exterior) estão referenciados no item 3.9.4..

Relativamente ao ar novo que alimenta a UH A e a UH B, respectivamente, os gêneros que ocorreram com maior predominância foram: *Cladosporium* (54% e 70%) e *Penicillium* (30% e 12%). Fungos do gênero *Aspergillus* não foram detectados no exterior.

Fusarium spp. foi detectado no exterior de ortopedia da UH B e no exterior da UH C, parte antiga. O gênero *Alternaria* spp. foi detectado no exterior da UH C, parte antiga.

No ambiente interior na UH A, na Primavera, verificaram-se percentagens de 23% (manhã 1), 55% (manhã 2) e 41% (tarde), para *Cladosporium* spp.; percentagens de 29% (manhã 1), 16% (manhã 2) e 18% (tarde), para *Penicillium* spp. e relativamente a *Aspergillus* spp. obtiveram-se percentagens de 23% (manhã 1), 9% (manhã 2) e 17% (tarde).

Na UH B verificaram-se as seguintes percentagens de géneros de fungos, durante a manhã 1, manhã 2 e tarde, respectivamente: *Cladosporium* (53%, 68% e 70% de tarde), *Penicillium* (7%, 7% e 10%) e *Aspergillus* (6%, 13% e 3% de tarde).

Paecilomyces spp. foi detectado no interior de neurocirurgia da UH B.

Na UH C observou-se uma predominância dos seguintes géneros de fungos, durante a manhã 2 e tarde, respectivamente: *Cladosporium* (57% e 64%), *Penicillium* (21% e 16%) e *Aspergillus* (2% e 2%).

Fusarium spp. foi detectado no serviço de ortopedia, parte antiga, enquanto que *Alternaria* spp. foi detectado no serviço de ortopedia, parte nova e *Paecilomyces* spp. no serviço de ortopedia, parte nova e antiga.

3.9.3. Análise global dos géneros fúngicos: Inverno e Primavera

No presente trabalho, *Cladosporium* spp. foi globalmente o género mais presente, à excepção da UH B referente à estação de Inverno. Este facto é concordante com um estudo que salienta: *Cladosporium* é o género mais encontrado tanto em ambientes interiores, como exteriores. Os esporos de *Cladosporium* spp. ocorrem mais abundantemente em todo o mundo do que qualquer outro tipo de esporo, especialmente em climas temperados (Aydogdu e Asan, 2008; Herrero *et al.*, 2006; Kasprzyk e Worek, 2006; Cooley *et al.*, 1998).

Num estudo realizado em centros de cuidado de dia, na Turquia, verificou-se que os géneros de fungos mais abundantes, tanto no ar interior como o ar exterior, são o *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* e *Aspergillus* (Aydogdu e Asan, 2008).

Outros estudos descrevem igualmente que, na maioria, estes géneros foram considerados os fungos mais comuns no ar, em diferentes ambientes exteriores ou interiores (Aydogdu e Asan, 2008; Pyrri and Kapsanaki-Gotsi, 2007; Kim e Kim, 2007; El-Morsy, 2006 e Fang *et al.*, 2005).

Igualmente, o género *Penicillium* também teve uma concentração relevante em quase todas as amostras avaliadas. De facto, segundo Aydogdu e Asan (2008), o género *Penicillium* está entre os fungos mesofílicos mais abundantes na natureza.

Segundo Gómez de Ana *et al.* (2006), Chew *et al.* (2003) e Ren *et al.* (2001) foi observado que no inverno se registam as mais baixas concentrações de fungos comparativamente às outras estações do ano.

O estudo de Aydogdu e Asan (2008) verificou que o ar exterior é a principal fonte de fungos para o ar interior, referindo que as variações sazonais das condições climáticas são também responsáveis por alterações das concentrações e tipos de fungos no ar interior. Verificou-se também que a concentração de fungos é mais elevada durante o Verão e o Outono do que na Primavera e Inverno. Porém a percentagem encontrada na Primavera foi maior do que no Inverno. A elevada temperatura e a humidade relativa favorável podem levar a maiores concentrações de fungos.

3.9.4. Fungos presentes no ar interior e ausentes no ar novo

Feita uma análise comparativa e pormenorizada relativamente aos géneros de fungos existentes no ar interior de cada enfermaria estudada e ausentes no ar novo, por estação do ano, obtiveram-se os resultados apresentados nas tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Frequência de géneros de fungos presentes apenas no ar interior (ausentes no ar de admissão) durante o **Inverno**

		Géneros						
			<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Monilia</i>	<i>Mucor</i>
UHA	Enf 1	M ^{a)}	-	-	-	8%	4%	-
		T ^{b)}	-	-	-	-	3%	-
	Enf 2	M ^{a)}	35%	3%	-	8%	-	-
		T ^{b)}	46%	5%	-	1%	-	-
UHB	Enf 3	M ^{a)}	-	-	-	6%	-	-
		T ^{b)}	-	-	3%	-	-	3%
	Enf 4	M ^{a)}	-	18%	-	-	-	-
		T ^{b)}	-	-	-	-	-	-

a) Ar interior: manhã b) Ar interior: tarde (-) ausência

Tabela 23 - Frequência de géneros de fungos presentes apenas no ar interior (ausentes no ar de admissão) durante a **Primavera**

		Géneros				
			<i>Aspergillus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Botrytis</i>
UHA	Enf 1	M1 ^{a)}	47%	-	-	-
		M2 ^{a)}	19%	-	-	-
		T ^{b)}	30%	-	-	-
	Enf 2	M1 ^{a)}	-	-	-	-
		M2 ^{a)}	-	2%	-	-
		T ^{b)}	4%	2%	-	-
UHB	Enf 3	M1 ^{a)}	3%	-	-	-
		M2 ^{a)}	24%	-	-	1%
		T ^{b)}	-	-	-	-
	Enf 4	M1 ^{a)}	9%	-	4%	-
		M2 ^{a)}	2%	-	-	-
		T ^{b)}	6%	-	-	-
UHC	Enf 5	M ^{a)}	5%	-	2%	-
		T ^{b)}	5%	-	-	-
	Enf 6	M ^{a)}	-	-	-	-
		T ^{b)}	-	-	-	-
	Enf 7	M ^{a)}	-	-	-	-
		T ^{b)}	-	-	6%	-

a) Ar interior: manhã b) Ar interior: tarde (-) ausência

Pela análise das tabelas pode-se inferir a existência de fontes interiores de contaminação relativamente aos géneros de fungos referenciados. O aspecto com maior relevância vai para o facto de se encontrar *Aspergillus* spp. no interior e não no exterior.

Relembra-se que o género *Aspergillus* está associado às IACS e que foi detectado de forma significativa no ar interior, com percentagens acima de 20% em três enfermarias (Enf 4 no Inverno e Enf 1 e 3, na Primavera). Comparando com os valores encontrados no estudo no Hospital de São João (Araújo *et al.*, 2008), por exemplo, verifica-se que estes valores são elevados.

Salienta-se que segundo Leung e Chan (2006), *Aspergillus* é um dos géneros fúngicos mais estudados na associação da propagação de doenças a partir da

transmissão de esporos de fungos, que podem ter origem nas roupas dos profissionais de saúde e visitantes.

Outros autores referem que pode ocorrer a transmissão de esporos entre doentes (Pegues *et al.*, 2002), pelas almofadas (Woodcock *et al.*, 2006) e pelas mãos (Girou, 2003), nomeadamente no decurso da actividade dos profissionais de saúde, associando-se aquela, muitas vezes, a concentrações elevadas de *Aspergillus* spp..

De facto, a concentração de fungos no ar em ambientes fechados depende, além do exterior, das condições de higiene e da ocupação e uso do edifício e das condições de conforto interior (Aydogdu e Asan, 2008 e Medrela-Kuder, 2003).

3.9.5. Análise dos resultados de *Aspergillus fumigatus*

A incubação das placas a 42°C permitiu identificar espécies de *Aspergillus fumigatus*, pela observação microscópica. A tabela 24 indica a concentração de *A. fumigatus* para todos os locais de colheita de ar.

Tabela 24 - Concentração de *A. fumigatus* (UFC/m³)

			Ar interior: Manhã 1	Ar interior: Manhã 2	Ar interior: Tarde	Ar novo
Inverno	UH A	Enf 1	-	0	0	1
		Enf 2	-	1	0	3
	UH B	Enf 3	-	1	0	0
		Enf 4	-	0	0	0
Primavera	UH A	Enf 1	0	0	0	5
		Enf 2	0	3	0	0
	UH B	Enf 3	0	6	4	0
		Enf 4	0	0	0	0
	UH C	Enf 5	-	1	0	2
		Enf 6	-	0	0	2
		Enf 7	-	2	0	3

(-) não se aplica

Pela análise da tabela pode-se verificar que as colheitas realizadas ao final da manhã (Manhã 2) apresentaram concentrações mais elevadas de *A. fumigatus* do que as outras colheitas de ar interior. Aquelas colheitas ocorreram após a limpeza das enfermarias o que, mais uma vez, sugere que as acções de limpeza aumentam a dispersão de fungos no ar.

Verifica-se também que, na enfermaria 2, na Primavera, e na enfermaria 3, no Inverno e na Primavera, foi apenas identificado *A. fumigatus* no ar interior e não no ar novo. Este facto salienta a existência de fontes internas de fungos, neste caso da espécie *A. fumigatus*. De acordo com Soubani e Chandrasekar (2002), refere-se que *A. fumigatus* é responsável por cerca de 90 % dos casos de aspergilose invasiva, sendo a taxa de mortalidade nestas infecções extremamente elevada. Em doentes com leucemia a mortalidade é de 80 a 90 % mesmo após a administração de terapêutica adequada

Capítulo V

Conclusões finais

1. Conclusões

As três unidades hospitalares avaliadas apresentaram valores de concentração de fungos no ar inferiores ao parâmetro legal de referência (500 UFC/m³), com excepção de uma das enfermarias (a enfermaria 2 na colheita de Primavera), em que o valor de concentração de fungos ultrapassou o valor regulamentar. No que se refere à flora fúngica dos ambientes avaliados indica-se que se conseguiram isolar essencialmente os géneros: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Monilia*, *Botrytis* e *Paecilomyces*.

Do estudo efectuado salientam-se os seguintes aspectos:

- o exterior revelou-se uma fonte importante de fungos, existindo uma correlação positiva entre a concentração de fungos no ar de entrada (novo) e no ar interior;

- os níveis de concentração de fungos no interior foram sempre inferiores aos do exterior, comprovando a importância da existência de filtros com adequada manutenção;

- em algumas amostragens foram detectados géneros de fungos no interior e não no exterior: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Monilia*, *Botrytis* e *Paecilomyces* e *Mucor*, demonstrando a existência de fontes internas destes géneros;

- o género *Aspergillus* spp. foi identificado com uma percentagem mais elevada no ar interior, sendo uma situação preocupante, uma vez que este género é o que está mais associado à génese das IACS; foi ainda identificada a espécie *Aspergillus fumigatus* por observação microscópica;

- em termos sazonais verificou-se que a concentração de fungos na Primavera foi superior à observada no Inverno, para a generalidade das enfermarias estudadas;

- os resultados da concentração de fungos no final da manhã foram sempre superiores aos determinados no final da tarde, tendo-se concluído que as acções de limpeza podem ser um factor que explique a diferença de valores observada. Estas acções promovem uma maior libertação e dispersão dos esporos fúngicos das superfícies dos materiais para o ar. Ao longo do dia, os esporos vão repousando novamente nas superfícies, sendo assim os valores da tarde menores que os da manhã.

A tentativa de relacionar os níveis de fungos com a humidade relativa revelou-se infrutífera, pois os hospitais estudados apresentavam valores de HR muito controlada,

com valores abaixo de 60% (valor médio global de 47,4%±8,6), não sendo favorável ao crescimento de fungos.

Relativamente à localização dos edifícios, aos aspectos construtivos e aos sistemas de ventilação não foi possível estabelecer correlações com as concentrações de fungos obtidas. As três unidades hospitalares apresentavam características físicas bastante similares, essencialmente ao nível dos aspectos construtivos e dos componentes que integram os sistemas de ventilação.

2. Recomendações

Os resultados obtidos nas unidades hospitalares estudadas mostraram que os níveis de fungos totais, no geral, estavam abaixo do valor limite recomendado. No entanto, a presença de *Aspergillus* spp. e especificamente a espécie *Aspergillus fumigatus*, detectados, em algumas amostragens, no interior e não no exterior, e um aumento das concentrações destes nos períodos da manhã, levam a que se recomende que as unidades hospitalares tenham em atenção os seguintes pontos:

- reforço da limpeza dos materiais existentes nas enfermarias, nomeadamente as cortinas de separação entre as camas, já que estas, quando movimentadas, podem induzir a uma maior dispersão dos fungos; salienta-se o facto das partículas serem um potencial transportador de esporos;

- escolha de roupas de cama adequadas que não facilitem a deposição de esporos, como acontece com os cobertores;

- análises periódicas de fungos nos ambientes das unidades hospitalares, de forma a vigiar e monitorizar possíveis fontes contaminantes ambientais.

Seria importante proporcionar uma maior aproximação entre os laboratórios científicos e os hospitais, de forma a permitir auxiliar os profissionais de saúde no reconhecimento de problemas relacionados com a QAI, particularmente os provocados por fungos. Esta aproximação poderia permitir alargar os estudos a áreas como resistência e/ou sensibilidade frente aos anti-fúngicos e a possível relação entre os fungos do ar exterior/interior e os isolados clínicos.

3. Perspectivas futuras

Devido à crescente preocupação em relação à QAI, nomeadamente no âmbito nacional, seria fundamental a continuidade de estudos realizados em torno da qualidade do ar em ambientes hospitalares. Por se tratar de unidades hospitalares, as condições de salubridade e conforto ambiental são consideradas decisivas para a recuperação dos doentes, bem como para um melhor desempenho das actividades de toda a equipa laboral.

De facto, a avaliação de fungos em ambientes interiores hospitalares talvez permita, num futuro próximo, definir maiores especificidades entre a flora fúngica e os doentes que possam vir a beneficiar de uma estratégia terapêutica mais adequada.

Especificamente, estudos que enfoquem a monitorização dos fungos suspensos no ar, as suas variações sazonais e as suas relações com factores meteorológicos podem ser a base para futuras investigações epidemiológicas acerca do papel da exposição aos fungos como factor de risco para determinadas infecções associadas aos cuidados de saúde.

Refere-se ainda que o aumento de estudos nesta área ajudaria a clarificar alguns aspectos regulamentares, como os descritos no RSECE.

Apesar de, na globalidade, as concentrações de fungos nas unidades hospitalares estudadas estarem de acordo com o limite estabelecido no RSECE, especialistas da área de microbiologia referem que determinadas espécies de fungos podem ser bastante patogénicas, mesmo que não se atinja a concentração referenciada. Além disso, salienta-se que a diversidade e/ou um desequilíbrio da flora fúngica também pode levar a ambientes contaminados, sem que se tenha atingido os valores de referência.

Propõe-se assim uma continuidade deste estudo, de forma mais pormenorizada, pois um aumento da amostra poderá ajudar a clarificar alguns aspectos.

Referências bibliográficas

Abdel Hameed AA, Khoder, MI, Emad AA (2007). Fertile fungal spores collected on different faced surfaces in the atmosphere of Giza, Egypt. *Aerobiologia*, 23: 47-57.

Adan OCG (1994). On the fungal defacement of interior finishes. Eindhoven, Eindhoven University of Technology.

Airaksinen M, Järnström H, Kovanen K, Viitanen H, Saarela K (2007). Ventilation and building related symptoms. *Proceedings of Clima; WellBeing Indoors*. Finland.

Alberti C, Bouakline A, Ribaud P, Lacroix C, Rousselot P, Leblanc T, Derouin F (2001). *Aspergillus* Study Group. Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive aspergillosis in haematology patients. *J Hosp Infect*, 48: 198-206.

American Institute of Architects (2001). *Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities*. Washington DC, American Institute of Architects Press, 2000.

Andersen B, Frisvad JC (2002). Characterization of *Alternaria* and *Penicillium* species from similar substrata based on growth at different temperature, pH and water activity. *Syst. Appl. Microbiol*, 25: 162-172.

APIEF, Centro de Formação Profissional: Indústria Térmica, Energia e Ambiente (2007). *Curso de Especialização em Qualidade do Ar Interior*. Manual de Formação, p. 85:93.

Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM (2000). Associations between indoor CO₂ concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: an analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air*, 10: 1-36.

Araújo, Ricardo Jorge Pinto (2007). Na gênese da infecção sistêmica por *Aspergillus fumigatus*, *Dissertação de Doutorado*, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

Araújo R, Cabral J, Rodrigues A (2008). Air filtration systems and restrictive access conditions improve indoor air quality in clinical units: *Penicillium* as a general indicator of hospital indoor fungal levels. *American Journal of Infection Control*, 36: 129-134.

Asan A, Sen B, Sarica S (2002). Airborne fungi in urban air of Edirne City (Turkey). *Biologia*, 57: 59-68.

ASHRAE (1997). *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, Chapter 12, Air Contaminants, Atlanta, ISBN 1-883413-45-1.

ASHRAE (1999). *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications*. Chapter 7: Health Care Facilities. Atlanta GA, p. 7.1-7.13.

ASHRAE, 2004. Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers.

Axley J (2000). Residential Passive Ventilation Systems: Evaluation and Design, Technical Note 54, Annex 5-AIVC, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems.

Aydogdu H, Asan A (2008). Airborne fungi in child day care centers in Edirne City, Turkey. *Environ Monit Assess*, 147: 423-444.

Baek SO, Kim YS, Perry R (1997). Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas-indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment*, 31: 529-544.

Beaumont F, Kauffman HF, Sluiter HJ, D e Vries K (1995). Sequential sampling of fungal air spores inside and outside the homes of mold-sensitive, asthmatic patients: a search for relationship to obstructive reactions. *Ann Allergy*, 53: 486-92.

Berg S (2004). The Creepy Facts About Mold in Schools and What Needs to Be Done About It. *Asthma Magazine*, 9: 15-17.

Berneteix, MT (1998). Un combat dans l'air du temps la lute contre l'*aspergillus*. *Rev Infirm*, 44: 18.

Bouza E, Pelaez T, Perez-Molina J, Marin M, Alcalá L, Padilla B, Muñoz P, Adán P, Bove B, Bueno MJ, Grande F, Puente D, Rodríguez MP, Rodríguez-Creixems M, Vigil D, Cuevas O (2002). *Aspergillus* Study Team. Demolition of a hospital building by controlled explosion: the impact on filamentous fungal load in internal and external air. *J Hosp Infect*, 52: 234-42.

Bruce BJ, Miller JD (2005). Mycotoxins as harmful indoor air contaminants. *Appl. Microbiol Biotechnol*, 66: 367-372.

BSI (1991). Code of Practice for Design of Buildings. Ventilation Principles and Designing for Natural Ventilation, BS 5925, British Standards Institution, London.

Burge, P. S. (2004). Sick Building Syndrome. *Occupational and Environmental Medicine*, n.º 61, p. 185-190. Disponível: <http://oem.bmj.com/cgi/content/full/61/2/185#BIBL> [02/01/2008].

Burroughs HEB (1997). Sick building syndrome: Fact, fiction, or facility? In Hansen W. A Guide to Managing Indoor Air Quality in Healthy Care Organizations. Ed. Oakbrook Terrace IL, Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations, p. 3-13.

Cabral F e Veiga R (2001). Higiene, Segurança, Saúde e Prevenção de Acidentes de trabalho. Verlag Dashöfer Edições Profissionais. Lisboa, Portugal.

Calil R (2006). Prevenção da transmissão da infecção no ambiente hospitalar. In: Brasil. Ministério da Saúde. Pediatria: prevenção e controle de infecção hospitalar. Brasília, DF: Anvisa, p. 19-28.

Cast (2003). "Mycotoxins: Risk in Plants, Animal and Human Systems." Task Force Report, Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa.

CDC, Center for disease control and prevention (2008). Estimates of healthcare-associated infection. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/hai.html>>. Acesso em: 19 fev.

CEN (1998), Ventilation for Buildings. Design Criteria for the Indoor Environment, CR 1752, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

CEN (2006), Ventilation for Buildings. Design and Dimensioning of Residential Ventilation Systems, CEN/TR 14 788, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Chao CYH (2001). Comparison between indoor and outdoor air contaminants levels in residential buildings from passive sampler study. *Building and Environment*, 36: 999-1007.

Chew GL, Rogers C, Burge HA, Muilenberg ML, Gold DR (2003). Dustborne and airborne fungal propagules represent a different spectrum of fungi with differing relations to home characteristics. *Allergy*, 58: 13-20.

Clausen G, Oliveira Fernandes E (1997). Final Report, European Data Base on Indoor Air Pollution Sources in Buildings. European Commission (DGXII), Brussels.

Colombo AL (2000). Epidemiology and treatment of hematogenous candidiasis: a Brazilian perspective. *Braz J Infect Dis*, 4:113-8.

Concannon P (2002). Residential Ventilation. Technical Note AIVC 57. Brussels, Belgium, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, Air Infiltration and Ventilation Centre.

Cooley JD, Wong WC, Jumper CA, Straus DC (1998). Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome. *Occup Environ Med*, 55: 579-584.

Cornet M, Levy V, Fleury L, Lortholary J, Barquins S, Coureul MH, Deliere E, Zittoun R, Brucker G, Bouvet A (1999). Efficacy of prevention by high-efficiency particulate air filtration or laminar airflow against *Aspergillus* airborne contamination during hospital renovation. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 20: 508-13.

Costa MFB, Costa MAF (2006). A Qualidade do Ar de Interiores e a Saúde Humana. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, v.1, nº2, Artigo 5.

Cox-Gancer JM, Rao CY, Park J-H, Schumpert JC, Kreiss K (2009). Asthma and respiratory symptoms in hospital workers related to dampness and biological contaminants. *Indoor Air*, p. 280-290.

Cristino J, Correia M, Carvoeiro M, Costa C, Silva E, Silva M (2007). Programa Nacional de Prevenção e Controlo da Infecção Associada aos Cuidados de Saúde. Documento elaborado na Direcção-Geral de Saúde, Ministério da Saúde.

Croft WA, Jarvis BB, Yatawara CS (1986). Airborne outbreak of Trichothecene Mycotoxicosis. *Atmos. Environ*, 20: 549-552.

Daisey JM, Angell WJ, Apte MG (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*, 13: 53-64.

De Koster, Thorne PS (1995). Bioaerosols concentrations in noncomplaint, complaint, and intervention homes in the Midwest. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 56: 575.

De La Rosa GR, Champlin RE, Kontoyiannis DP (2002). Risk factors for the development of invasive fungal infections in allogeneic blood and marrow transplant recipients. *Transpl Infect Dis*, 4: 3-9.

Dharan S, Pittet D (2002). Environmental controls in operating theatres. *J Hosp Infect*, 51: 79-84.

Douwes J, van der Sluis B, Doekes G, van Leusden F, Wijands L, van Strien R, Verhoeff AP, Brunekreef B (1999). Fungal extracellular polysaccharides in house dust as a marker for exposure to fungi: relation with culturable fungi, reported home dampness, and respiratory symptoms. *J Allergy Clin Immunol*, 103: 494-500.

Downs SH, Mitakakis TZ, Marks GB, Car NG, Belousova EG, Leuppi JD, Xuan W, Downie SR, Tobias A, Peat JK (2001). Clinical importance of *Alternaria* exposure in children. *Am J Respir Crit Care Med*, 164: 455-9.

ECA (1992). Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, Report N° 11, European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on Man", Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

- Eckmanns T, Ruden H, Gastmeier P (2006). The influence of high-efficiency particulate air filtration on mortality and fungal infection among highly immunosuppressed patients: a systematic review. *J Infect Dis*, 193: 1408-18.
- Eduard W (2006). Fungal spores. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risk from Chemicals. *Arbete och Halsa*, 21: 1-145.
- El-Morsy E S M (2006). Preliminary survey of indoor and outdoor airborne microfungi at coastal buildings in Egypt. *Aerobiologia*, 22: 197-210.
- ENV (1996). Ministry of the Environment, Singapore guidelines for good indoor air quality in office premises, Singapore.
- EPA (2007). "Indoor Air Facts n.º 4 (revised): Sick Building Syndrome (SBS)". Disponível: www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html [12/16/2007].
- Etzel RA, Balk SJ, Bearer CF, Miller MD, Shannon MW, Shea KM (1998). Toxic effects of indoor molds. *Pediatrics*, 101: 712-714.
- Falvey DG, Streinfel AJ (2007). Ten-year air sample analysis of *Aspergillus* prevalence in a university hospital. *Journal of Hospital Infection*, Amsterdam, 67: 35-41.
- Fang ZG, Ouyang ZY, Hu LF, Wang XK, Zheng H, Lin XQ (2005). Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 350: 47-58.
- Ferreira WFC, Sousa JCF (2000). *Microbiologia*, Volume 2, Lidel.
- Fischer G, Schwalbe R, Möller M, Ostrowski R, Dott W (1999). Species-specific production of microbial volatile organic compounds (MVOC) by airborne fungi from a compost facility. *Chemosphere*, 39: 795-810.
- Fischer G, Dott W (2003). Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene. *Archives of Microbiology*, 179: 75-82.
- Fitzner K (2001). As contas do Professor Fitzner. *Revista Climatização*, 13: 31.
- Flannigan B, Samson RA, Miller DJ (2001). *Microorganisms in home and indoor work environments*. New York, Taylor & Francis.
- Flynn PM, Williams BG, Hetherington SV, Williams BF, Giannini MA, Pearson TA (1993). *Aspergillus terreus* during hospital renovation. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 14: 363-5.

- Frew AJ (2004). Some progress made, more needed. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113: 216-218.
- Frisvad JC, Thrane U, Filtenborg O (1998). Role and use of secondary metabolites in fungal taxonomy. In: Frisvad JC, Bridge PD, Arora DK (Eds), In *Chemical fungal taxonomy*. Marcel Dekker, New York, p.289-319.
- Galante D, Capriles CH, Mata-Essayag S, Conesa A, Córdova Y, Trejo E, Tassinari P (2006). Respiratory allergies in Venezuela: are fungi responsible?. *Mycoses*, 49: 493-498.
- Gallup J, Kozak P, Cummins L, Gillman S (1987). Indoor mold spore exposure: characteristics of 127 homes in southern California with endogenous mold problems. *Experientia Suppl*, 51: 139–142.
- Girou E (2003). Prevention of nosocomial infections in acute respiratory failure patients. *Eur Respir J Suppl*. 42: 72-76.
- Gloer JB (1995). The chemistry of fungal antagonism and defense. *Can J Bot*. 73: 1265-1274.
- Gomes J (2001). *Poluição Atmosférica – Um manual universitário*, 1ª edição. Publindústria Edições Técnicas, Porto, 176 pps.
- Gomes JP (2002). Bioaerosol induced indoor air contamination. Revision article. *Rev Port Pneumol*, 6: 689-694
- Gómez de Ana S, Torres-Rodríguez JM, Ramírez EA, García SM, Belmonte-Soler J (2006). Seasonal Distribution of *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* and *Penicillium* Species Isolated in Homes of Fungal Allergic Patients. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 16: 357-363.
- Gorny RL (2004). Filamentous microorganisms and their fragments in indoor air – a review. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 11:185–197.
- Gots RE, Layton NJ, Pirages SW (2003). Indoor health: background levels of fungi. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 64:427-438.
- Hedayati MT, Pasqualotto AC, Warn PA, Bowyer P, Denning DW (2007). *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. *Microbiology*, 153: 1677-1692.
- Helmis CG, Tzoutzas J, Flocas HA, Halios CH, Stathopoulou OI, Assimakopoulos VD, Panis V, Apostolatou M, Sgouros G, Adam E (2007). Indoor air quality in a dentistry clinic. *Sci Total Environ*, 377: 349-65.

Herrero AD, Ruiz SS, Bustillo MG e Morales PC (2006). Study of airborne fungal spores in Madrid, Spain. *Aerobiologia*, 22: 135-142.

Hogue C (2000). *Chemical and Engineering News*, 78: 42-6.

Horner WE, Helbling A, Salvaggio JE, Lehrer SB (1995). Fungal allergens. *Clin Microbiol Rev*, 8: 161-79.

Hossain MA, Ahmed Ms, Ghannoum MA (2004). Attributes of *Stachybotrys chartarum* and its association with human disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113: 200-208.

Hurst CJ, Crawford RL, Khudsen GR, McInerney MJ, Stetzenbach LD (2002). *Manual of Environmental Microbiology*. 2ª Edição, p. 814-847.

Husman T (1996). Health effects of indoor-air microorganisms. *Scandinavian Journal of Work, Environmental & Health*, 22: 5-13.

Indoor Air Quality Management Group (2003). *Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places*. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong, 100 pps.

Institute of Medicine (2000). *Clearing the air: asthma and indoor air exposures*. Washington, DC, National Academies Press.

ISO, International Standard Organization (2004). *Indoor Air ISO 16000 part 1 – General aspects of sampling strategy*.

Jarvis BB, Sorenson WG, Hintikka E-L, Nikulin M, Zhou Y, Jiang J, Wang S, Hinkley SF, Etzel RA, Dearborn DG (1998). Study of toxin production by isolates of *Stachybotrys chartarum* and *Memnoniella echinata* isolated during a study of pulmonary hemosiderosis in infants. *Appl. Environ. Microbiol*, 64: 3620-3625.

Jo WK, Seo YJ (2005). Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. *Chemosphere*, 61: 1570-1579.

Jones AP (1999). Indoor air quality and health. *Atmospheric environment*, 33: 4535-4564.

Kasprzyk I, Worek M (2006). Airborne fungal spores in urban and rural environments in Poland. *Aerobiologia*, 22: 169-176.

Kiel FW, Khan MY (1993). Brucellosis among hospital employees in Saudi Arabia. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 14: 268-272.

- Kim KY, Kim CN (2007). Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Building and Environment*, 42; 2188-2196.
- Kinshella MR, Dyke MV, Douglas KE, Martyny JW (2001). Perceptions of indoor air quality associated with ventilation system types in elementary schools. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16: 952-960.
- Klaassen C, Watkins JB (2001). *Toxicologia – a ciência básica dos tóxicos de Casarett & Doull's*, 5ª edição. Compêndio, McGraw-Hill.
- Krasinski K, Holzman RS, Hanna B, Greco MA, Graff M, Bhogal M (1985). Nosocomial fungal infection during hospital renovation. *Infect Control*, 6: 278-282.
- Kuhn DM, Ghannoum MA (2003). Indoor mold, toxigenic fungi, and *Stachybotrys chartarum*: infectious disease perspective. *Clin Microbiol Rev*, 16: 144-72.
- Lee SC, Guo H, Li WM, Chan LY (2002a). Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36: 1929-1940.
- Lee SC, Li WM, Chio-Hang (2002b). Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong-case study. *Atmospheric Environment*, 36: 225-237.
- Leenders AC, van Belkum A, Behrendt M, Luijendijk A, Verbrugh HA (1999). Density and molecular epidemiology of *Aspergillus* in air and relationship to outbreaks of *Aspergillus* infection. *J Clin Microbiol*, 37: 1752-7.
- Leung M, Chan AHS (2006). Control and management of hospital indoor air quality. *Med Sci Monit*, 12: 17-23.
- Li D-W, Yang CS (2004). Fungal Contamination as a Major Contributor to Sick Building Syndrome. *Advances in Applied Microbiology*, 55: 50-58.
- Liao CM, Luo WC, Chen SC, Liang HM (2004). Temporal/seasonal-variations of size-dependent airborne fungi indoor/outdoor relationship for a wind-induced naturally ventilated airspace. *Atmospheric Environment*, 38: 4415-4419.
- Liddament M (1996). *A Guide to Energy Efficient Ventilation, Annex 5-AIVC, IEA-ECBCS*.
- Loftness V, Hakkinen B, Adan O, Nevalainen A (2007). Elements that contribute to a Healthy Building design. *Environmental Health Perspectives*, 115: 965-970.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J (2003). *Brock Biology of Microorganisms*. Tenth Edition, 487 pps.

- Malcolm D (2005). Changing patterns and trends in systemic fungal infections. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 56: 5-11.
- Mansson L (1995). Evaluation and Demonstration of Domestic Ventilation Systems. State of Art, Annex 27, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems.
- Martínez FJR, Gómez VE (2007). *Calidad de Ambientes Interiores*. Thomson Editores, Espanha, 307 pps.
- Martins-Diniz JN, Silva R A M; Miranda E T, Mendes-Giannini MJS (2005). Monitoring of airborne fungus and yeast species in a hospital unit. *Rev Saúde Pública*, 39: 398-405.
- Mayan O, Rodrigues S (2004). A qualidade do Ar em edifícios – Um problema de Saúde Pública. *Segurança* 160, Maio/Junho 2004: págs. 5 e 6.
- McGinnis MR (2004). Pathogenesis of indoor fungal diseases. *Medical Mycology*, 42: 107-117.
- Medrela-Kuder E (2003). Seasonal variations in the prevalence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Cracow. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 52: 203-205.
- Mendell MJ , Lei-Gomez Q, Mirer AG, Seppänen O, Brunner G (2008). Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: the US EPA BASE Study. *Berkeley, Lawrence Berkeley National Laboratory*, 18:301-316.
- Mendell MJ, Smith AH (1990). Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned office buildings: a reanalysis of epidemiologic studies. *American Journal of Public Health*, 80: 1193–1199.
- Morris G, Kokki MH, Anderson K, Richardson MD (2000). Sampling of *Aspergillus* spores in air. *J Hosp Infect*, 44: 81-92.
- Morrison J, Yang C, Lin KT, Haugland RA, Neely AN, Vesper SJ (2004). Monitoring *Aspergillus* species by quantitative PCR during construction of a multi-storey hospital building. *J Hosp Infect*, 57: 85-7.
- Moularat S, Robine E, Ramalho O, Oturan MA (2008a). Detection of fungal development in closed spaces through the determination of specific chemical targets. *Chemosphere*, 72: 224–232.

Moularat S, Robine E, Ramalho O, Oturan MA (2008b). Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development. *Science of the Total Environment*. 407:139-146.

Munoz P, Guinea J, Pelaez T, Duran C, Blanco JL, Bouza E (2004). Nosocomial invasive aspergillosis in a heart transplant patient acquired during a break in the HEPA air filtration system. *Transpl Infect Dis*, 6: 50-4.

National Academy of Sciences (2004). *Damp indoor spaces and health*. National Academies, Washington, DC.

Neely AN, Orloff MM (2001). Survival of some medically important fungi on hospital fabrics and plastics. *J Clin Microbiol*, 39: 3360-1.

Nielsen KF, Gravesen S, Nielsen PA, Andersen B, Thrane U, Frisvad JC (1999). Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia*, 145: 43-56.

Nielsen KF (2003). Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology*, 39: 103-117.

Nielsen KF (2002). *Mould growth on building materials*. Ph.D.Dissertation. BioCentrum-DTU, Technical University of Denmark, Lyngby.

Nolard, N (1994). Les liens entre les risques d'aspergillose et la contamination de l'environnement. *Pathol.Biol.*, 7: 706- 710.

Nolard N (1997). Moulds and respiratory allergies. *Expressions*, 5: 7-9.

Norback, D, Wieslander, G. Strom, G. e Edling, C. (1995). Exposure to Volatile Organic Compounds of Microbial Origin (MVOC) during indoor application of water-based paints. *Indoor Air*, 5: 166-170.

O'Hollaren Mt, Yunginger JW, Offord KP, Somers MJ, O'Connell EJ, Ballard DJ, Sachs MI (1991). Exposure to an aeroallergen as a possible precipitating factor in respiratory arrest in young patients with asthma. *N Engl J Med*, 32: 714-20.

Oliveira Fernandes E, Jantunen M, Carrer P, Seppänen O, Harrison P, Kephelopoulos S (2008). *ENVIE – Co-ordination action on indoor air quality and health effects*. Publishable final activity report. EnVIE Project. European Commission 6th Framework Programme of Research, Brussels. (www.envie.iaq.eu).

Oren I, Haddad N, Finkelstein R, Rowe JM (2001). Invasive pulmonary aspergillosis in neutropenic patients during hospital construction: before and after chemoprophylaxis and institution of HEPA filters. *Am J Hematol*, 66: 257-62.

Orme I. Patient impact. In Hansen W (1997). *A Guide to Managing Indoor Air Quality in Health Care Organizations*. Ed. Oakbrook Terrace IL, Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations Publications, p. 43-52.

Pechter E, Davis LK, Tumpowsky C, Flattery J, Harrison R, Reinisch F, Reilly MJ, Rosenman KD, Schill DP, Valiante D, Filios M (2005). Work-related asthma among health care workers: surveillance data from California, Massachusetts, Michigan and New Jersey, 1993-1997. *Am J. Ind. Med*, 47: 265-275.

Pegues DA, Lasker BA, McNeil MM, Hamm PM, Lundal JL, Kubak BM (2002). Cluster of cases of invasive aspergillosis in a transplant intensive care unit: evidence of person-to-person airborne transmission. *Clin Infect Dis*, 34: 412-6.

Pelczar MJ Jr, Chan ECS, Krieg NR (1996). *Microbiologia*, Volume 2, 2ª Edição, Makron Books.

Peraica M, Radic B, Lucic A, Pavlovic M (1999). Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, Recopilación de artículos 2: 80-92.

Perdelli F, Cristina ML, Sartini M, Spagnolo AM, Dallera M, Ottria G, Lombardi R, Grimaldi M, Orlando P (2006). Fungal contamination in hospital environments. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 27: 44-7.

Pfaller MA (1996). Nosocomial candidiasis: emerging species, reservoirs, and modes of transmission. *Clin Infect Dis*, 22(Suppl 2): 89-94.

Pinto A (2006). *Ventilação Mecânica de Edifícios de Habitação*, LNEC, NCI, Relatório 01/2006.

Pittet O, Huguenin T, Dhamn S *et al.* (1996). Unusual case of lethal pulmonary aspergillosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 154: 541-544.

Portnoy JM, Barnes CS, Kennedy K (2004). Sampling for indoor fungi. *J Allergy Clin Immunol*, 113: 189-98.

Pyrri I, Kapsanaki-Gotsi E (2007). A comparative study on the airborne fungi in Athens, Greece, by viable and non-viable sampling methods. *Aerobiologia*, 23: 3-15.

- Ramachadran G, Adgate JL, Banerjee S, Church TR, Jones D, Fredrickson A, Sexton K (2005). Indoor air quality in two urban elementary schools – measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO₂, temperature and relative humidity. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2: 553-566.
- RCCTE (2006). Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
- Rea WJ, Didriksen N, Simon TR, Pan Y, Fenyves EJ, Griffiths B (2003). Effects of toxic exposure to molds and mycotoxins in building-related illnesses. *Arch Environ Health*, 58: 399-405.
- Ren P, Jankun, T M, Belanger K, Bracken M B, Leaderer B P (2001). The relation between fungal propagules in indoor air and home characteristics. *Allergy*, 56: 419-424.
- Ribéron J, Kelly PO, Maupetit F, Robine E (2002). Indoor air quality in schools: the impact of ventilation conditions and indoor activities. *Indoor Air*, 1:109-114.
- Rocha S, Delgadillo I, Correia JF (1996). GC-MS study of volatiles of normal and microbiologically attacked cork from *Quercus suber* L. *J Agric Food Chem*, 44(3): 865-871.
- Rostron J (1997). *Sick Building Syndrome – concepts, issues and practice*, 1st edition. E & FN SPON, London, 185 pps.
- Rotstein C, Cummings KM, Tidings J, Killion K, Powell E, Gustafson TL, Higby D (1985). An outbreak of invasive aspergillosis among allogeneic bone marrow transplants: A case-control study. *Infect Control*, 6: 347-355.
- RSECE (2006). Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Russel M, Sherman M, Rudd A (2005). *Review of Residential Ventilation Technologies*, Technical Report LBNL-57 730, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, USA.
- Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC (2004). *Introduction to food-and airborne fungi*. Seventh Edition. CBS.
- Santos IM, Venâncio, A, Lima N (1998). *Fungos Contaminantes na Indústria Alimentar*. Micoteca da Universidade do Minho, Centro de Engenharia Biológica.

SCE (2006). Decreto-lei nº 78/2006, de 4 de Abril - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.

SCE (NT-SCE-02) (2009). Nota técnica: Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE.

Schulster L, Chinn RY (2003). CDC; HICPAC. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep*, 52: 1-42.

Seppänen OA, Fisk WJ (2002). Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air*, 12: 98–112.

Seppänen O, Fisk WJ (2004). Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*, 14(Suppl. 7): 102–118.

Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, Apte MG, Blake D, Faulkner D (2004). Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*, 14:333-341.

Sherertz RJ, Belani A, Kramer BS, Elfenbein GJ, Weiner RS, Sullivan ML, Thomas RG, Samsa GP (1987). Impact of air filtration on nasocomial *Aspergillus* infections: Unique risk of bone marrow transplant recipients. *Am J Med*, 83: 709-718.

Silva GVA (2000). Estudo de Emissões de COVs por Materiais Usados em Interiores de Edifícios. Dissertação de Doutoramento submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Silva SR (2007). Controlo Micológico da Qualidade do Ar Interior em Estabelecimentos de Ensino do 1º Ciclo. Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Siqueira L F G (2000). Síndrome do edifício doente, o meio ambiente e a infecção hospitalar. In: Fernandes A T, Fernandes M A V e Ribeiro N F. *Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde*. São Paulo: Atheneu, 2000. p.1307- 1322.

Sivasubramani SK, Niemeier RT, Reponen T, Grinshpun SA (2004). Fungal spore source strength tester: laboratory evaluation of a new concept. *Science of the Total Environment*, 329: 75-86.

Skoog, J (2006). Relative Air Humidity in Hospital Wards – User Perception and Technical Consequences.

Smedge G, Norback D, Wessen B, Edling C (1996). Asthma among school employees in relation to the school environment. In Indoor Air'96. S. Yoshizawa, K. Kimura, K. Ikeda, S.Tonabe e T. Iwata (Eds). Organizing Committe of Indoor Air'96, Nagoya, 1: 611-616.

Sorenson WG, Frazer DG, Jarvis BB, Simpson J, Robinson VA (1987). Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. Appl. Environ. Microbiol, 53: 1370-1375.

Soubani AO, Chandrasekar PH (2002). The clinical spectrum of pulmonary aspergillosis. Chest. 121: 1988-99.

Spaeth KR. (2000). Don't hold your breath: personal exposures to volatile organic compounds and other toxins in indoor air and what's (not) being done about it. Preventive Medicine, 31: 631-637.

Srinivasan A, Beck C, Buckley T, Geyh A, Bova G, Merz W, Perl TM (2002). The ability of hospital ventilation systems to filter *Aspergillus* and other fungi following a building implosion. Infect Control Hosp Epidemiol, 23: 520-4.

Stepalska D, Wolek J (2005). Variation of fungal spore concentrations of selected taxa associated to whether conditions in Cracow, Poland, in 1997. Aerobiologia, 21, 43-52.

Strachan DP, Flannigan B, McCabe EM, McGarry F (1990). Quantification of airborne moulds in the homes of children with and without wheeze. Thorax, 45(5): 382-387.

Streifel AJ (1999). Design and maintenance of hospital ventilation systems and prevention of airborne nosocomial infections. In Mayhall CG. Hospital Epidemiology and Infection Control, 2^a Edition, Philadelphia PA, Lippincott Williams & Wilkins, p. 1211-1221.

Thiel, R (2007). Systemic mycoses: An overview for natural health professionals. The Original Internist; 14:2:57-66.

Thogersen K, Gunnarsen L, Nielsen PA (1993). The effect on indoor air quality by waterdamaged chipboards. In Indoor Air'93. O.SEppanen, J. Railio e J. Sateri (Eds). Espoo, 2: 537-542.

Topbas M, Tosun I, Can G, Kaklikkaya N, Aydin F (2006). Identification and seasonal distribution or airborne fungi in urban outdoor air in an eastern Black Sea Turkish town. Turkish Journal of Medical Science, 36: 31-36.

Torres VM. (2000). Indoor Air Quality in Schools. Institute for the Indoor Environment. University of Texas at Austin. Texas.

- Tortora G J, Funke B R (2005). Case C L. Microbiologia. Porto Alegre: Artmed, 894 p.
- Turyk M, Curtis L, Scheff P, Contraras A, Coover L, Hernandez E, Freels S, Persky V (2006). Environmental allergens and asthma morbidity in low-income children. *J Asthma*. 43: 453-7.
- US-EPA, US Environmental Protection Agency. (1991). A guide for building owners and facility managers. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- US-EPA, US Environmental Protection Agency. (2000). IAQ tools for schools: indoor air quality and student performance. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Viegas J (2000). Contribuição da Ventilação para a Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios, Seminário Ambiente em Edifícios Urbanos, LNEC, Lisboa.
- Viitanen H, Ritschkoff AC (1991). Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products (Report No. 221).
- Vonberg RP, Gastmeier P (2006). Nosocomial aspergillosis in outbreak settings. *J Hosp Infect*, 63: 246-54.
- Waegemaekers M, van Wageningen N, Brunekreef B (1989). Respiratory symptoms in damp homes. A pilot study. *Allergy*, 44:192-198.
- WHO, World Organization Health. (1997). Assessment of exposure to indoor air pollutants. Regional Publications, European Series.
- WHO Regional Office for Europe (2006). Air quality guidelines global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (<http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf>, accessed 14 June 2007).
- WHO, World Health Organization (2008a). Guidelines for Indoor Air Quality: dampness and mould. Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark
- WHO, World Health Organization (2008b). Programmes and projects: indoor air pollution. Disponível em: <www.who.int/indoorair/en/>. Acesso em: 17 jan. 2008.
- WHO, World Health Organization (2009). WHO guidelines for indoor air quality: *dampness and mould*. Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- Wilson SC, Carriker CG, Brasel TL, Karunasena E, Douglas DR, Wu C, Andriychuk LA, Fogle MR, Martin JM, Straus DC (2004). Culturability and toxicity of sick building syndrome-related fungi over time. *J Occup Environ Hyg*. 1: 500-4.

Wood RA (2003). Improving the indoor environment for health, well-being and productivity. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Technology. Sydney, Australia.

Woodcock AA, Steel N, Moore CB, Howard SJ, Custovic A, Denning DW (2006). Fungal contamination of bedding. *Allergy*. 61: 140-2.

Woods JE (1991). An engineering approach to controlling indoor air quality. *Environmental Health Perspectives*, 95:15-21.

Wu PC, Su HJ, Lin CY (2000). Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. *The science of the Total Environment*, 253: 111-118.

Yamane E e Saito H. (2000) *Tecnologia do Conhecimento de Ar*. S. Paulo, Brasil.

Yang X, Srebric J, Li X, He G (2004). Performance of three air distribution systems in VOC removal from an area source. *Building and Environment*, 39: 1289-1299.

Zabiegala B, Górecki T, Przyk E, Namiésnik J (2002). Permeation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality. *Atmospheric Environment*, 36: 2907-2916.

Anexos

Anexo A – Checklist

Checklist

Informação Geral do Edifício

1. Identificação

Edifício:

Morada:

Data de início de funcionamento:

Remodelações efectuadas:

Planta do edifício:

- nº de andares
- pé direito
- Orientação do edifício

Investigador:

Data:

2. Parâmetros a avaliar

A - Aspectos construtivos

Itens	Local assinalar
1 – Localização do edifício	<ul style="list-style-type: none">- Área industrial <input type="checkbox"/>- Área comercial <input type="checkbox"/>- Centro da cidade <input type="checkbox"/>- Zona suburbana <input type="checkbox"/>- Aldeia <input type="checkbox"/>- Zona calma <input type="checkbox"/>
2 – Fontes de poluição sonora que possam influenciar o ambiente interior	<ul style="list-style-type: none">- Estação de caminhos de ferro <input type="checkbox"/>- Tráfego rodoviário <input type="checkbox"/>- Tráfego aéreo <input type="checkbox"/>- Complexos desportivos <input type="checkbox"/>- Local sossegado <input type="checkbox"/>
3 – Fontes de poluição do ar exterior que possam influenciar o ambiente interior	<ul style="list-style-type: none">- Nenhuma <input type="checkbox"/>- Parques de estacionamento <input type="checkbox"/>- Torres de arrefecimento <input type="checkbox"/>- Aterro <input type="checkbox"/>- Agricultura <input type="checkbox"/>- Outras (a definir) <input type="checkbox"/>

4 – Construção das paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> - Parede simples <input type="checkbox"/> - Parede dupla <input type="checkbox"/>
5 – Presença de isolamento	<ul style="list-style-type: none"> - Não <input type="checkbox"/> - Sim <ul style="list-style-type: none"> - Mistura de simples e dupla <input type="checkbox"/> - Isolamento pelo exterior <ul style="list-style-type: none"> Todas as paredes <input type="checkbox"/> Algumas paredes <input type="checkbox"/> - Isolamento pelo interior <ul style="list-style-type: none"> Todas as paredes <input type="checkbox"/> Algumas paredes <input type="checkbox"/> - Isolamento na caixa de ar <input type="checkbox"/>
6 – Sistemas de sombreamento	<ul style="list-style-type: none"> - Nenhum <input type="checkbox"/> - Um ou mais <input type="checkbox"/>
7 – Localização dos sistemas de sombreamento	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> - Nenhuma <input type="checkbox"/> - Lado sul <input type="checkbox"/> - Outras fachadas <input type="checkbox"/> - Todo o edifício <input type="checkbox"/>
8 – Edifícios vizinhos com fachadas de vidro ou fachadas coloridas claras que causam claridade no edifício	<ul style="list-style-type: none"> - Verão <ul style="list-style-type: none"> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Um pouco <input type="checkbox"/> - Inverno <ul style="list-style-type: none"> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Um pouco <input type="checkbox"/>

<p>9 – Tipo de vidro utilizado em geral no edifício</p>	<p>- Simples <input type="checkbox"/></p> <p>- Duplo <input type="checkbox"/></p>			
<p>10 – Tipo de material dos caixilhos das janelas</p>	<p>- Madeira <input type="checkbox"/></p> <p>- Metal <input type="checkbox"/></p> <p>- Alumínio <input type="checkbox"/></p> <p>- PVC <input type="checkbox"/></p>			
<p>11 – Ocorrência de alguma inundação no último ano</p>	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>			
<p>12 – Material constituinte superfície tecto (referência fabricante)</p>	<p>- Tinta</p> <p>- Cimento exposto/Gesso</p> <p>- Material sintético</p> <p>- Madeira</p> <p>- Outros</p>	<p>Estado* manutenção</p>	<p>Data instalação</p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>
<p>13 – Principal tipo revestimento chão (referência fabricante)</p>	<p>- Pavimento liso sintético</p> <p>- Cimento exposto/Gesso</p>	<p>Estado* manutenção</p>	<p>Data instalação</p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>

	- Pedra/Cerâmica			<input type="checkbox"/>
	- Madeira			<input type="checkbox"/>
	- Outros			<input type="checkbox"/>
14 – Principal tipo revestimento parede (referência fabricante)		Estado manutenção	Data instalação	
	- Tinta esmalte			<input type="checkbox"/>
	- Tinta anti-fúngica			<input type="checkbox"/>
	- Cimento exposto/Gesso			<input type="checkbox"/>
	- Texturas porosas/têxteis			<input type="checkbox"/>
	- Pedra/ladrilho			<input type="checkbox"/>
	- Madeira			<input type="checkbox"/>
- Outros			<input type="checkbox"/>	
15 – Tipo de mobiliário (referência fabricante)		Estado manutenção	Data instalação	
	- Metálico			<input type="checkbox"/>
	- Madeira			<input type="checkbox"/>
	- Aglomerado			<input type="checkbox"/>

* Estado de manutenção: novo, estragado, com fissuras

B - Sistemas de ventilação

Itens	Local assinalar
1 – Caudal mínimo de ar novo, de acordo com o RSECE	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 591 1219 629">- < 30 m³/(h.ocupante) <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 685 1219 723">- 30 m³/(h.ocupante) <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 779 1219 817">- > 30 m³/(h.ocupante) <input type="checkbox"/>
2 – Localização da admissão de ar exterior (tomada de ar exterior)	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 1010 1219 1048">- Segue as distâncias regulamentares (ver anexo 1a) - Sim <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1104 1219 1142">- Não <input type="checkbox"/>
3 – A posição de admissão de ar relativamente à extracção é na direcção dos ventos predominantes	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 1384 1219 1422">- Sim <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1478 1219 1516">- Não <input type="checkbox"/>
4 - Material das condutas	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 1659 1219 1697">- PVC <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1753 1219 1792">- Têxtil <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1848 1219 1886">- Aço galvanizado <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1942 1219 1980">- Outros (a definir) <input type="checkbox"/>

5 – Isolamento das condutas	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 219 1219 253">- Nenhum <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 309 1219 342">- Interno (fibra mineral) <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 398 1219 432">- Externo (fibra mineral) <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 488 1219 521">- Outros (a definir) <input type="checkbox"/>
6 – Princípio da distribuição de ar de projecto	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 689 1219 723">- Deslocação <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 779 1219 813">- Mistura <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 869 1219 902">- Outra <input type="checkbox"/>
7 – Presença de sistemas de humificação	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 1070 1219 1104">- Sim <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1160 1219 1193">- Não <input type="checkbox"/>

C - Aspectos de inspecção visual

Itens	Local assinalar
1 – Visível crescimento de fungos	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>
2 – Presença de manchas de humidade nas paredes e/ou tectos	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>
3 – Tendência para ocorrer condensação nas janelas	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>
4 – Presença de fendas na estrutura	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>

D - Plano de manutenção preventiva

Itens	Local assinalar
1 - Os serviços de manutenção preventiva seguem as recomendações do RSECE	<p>- Sim <input type="checkbox"/></p> <p>- Não <input type="checkbox"/></p>
<u>Caso responda não:</u>	
a) Período de verificação do estado de contaminação, deterioração e corrosão das UTA's	<p>- mensal <input type="checkbox"/></p> <p>- trimestral <input type="checkbox"/></p> <p>- semestral <input type="checkbox"/></p> <p>- anual <input type="checkbox"/></p> <p>- bienal <input type="checkbox"/></p>
b) Período de verificação do estado de contaminação, deterioração e corrosão das entradas de ar novo e descargas de ar extraído	<p>- mensal <input type="checkbox"/></p> <p>- trimestral <input type="checkbox"/></p> <p>- semestral <input type="checkbox"/></p> <p>- anual <input type="checkbox"/></p> <p>- bienal <input type="checkbox"/></p>

c) Período de verificação do estado de contaminação, odores e deterioração (fugas) dos filtros de ar	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>
d) Período de verificação do 1º nível de filtragem	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>
e) Período de verificação do 2º nível de filtragem	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>

f) Período de verificação do estado de contaminação, deterioração e corrosão dos humidificadores elevadores de ar	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>
g) Período de verificação do estado de contaminação, deterioração e corrosão dos permutadores de calor	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>
h) Período de limpeza da bateria de arrefecimento, tabuleiro de condensados e separador de gotas	<ul style="list-style-type: none">- mensal <input type="checkbox"/>- trimestral <input type="checkbox"/>- semestral <input type="checkbox"/>- anual <input type="checkbox"/>- bienal <input type="checkbox"/>

i) Período de verificação do estado das aberturas de acesso às condutas	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="798 313 1236 347">- mensal <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 403 1236 436">- trimestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 492 1236 526">- semestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 582 1236 616">- anual <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 672 1236 705">- bienal <input type="checkbox"/>
j) Período de verificação do estado de deterioração e corrosão	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="798 918 1236 952">- mensal <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1008 1236 1041">- trimestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1097 1236 1131">- semestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1187 1236 1220">- anual <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1276 1236 1310">- bienal <input type="checkbox"/>
k) Período de verificação do estado de contaminação, deterioração e corrosão dos desumidificadores	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="798 1624 1236 1657">- mensal <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1713 1236 1747">- trimestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1803 1236 1836">- semestral <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1892 1236 1926">- anual <input type="checkbox"/><li data-bbox="798 1982 1236 2016">- bienal <input type="checkbox"/>

l) Período de verificação do estado de contaminação dos equipamentos terminais equipados com entrada de ar exterior

- mensal

- trimestral

- semestral

- anual

- bienal

E - Plano de manutenção de limpeza

Itens	Local assinalar
1 – Nº de vezes que são realizadas actividades de limpeza nos diferentes compartimentos	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 645 1262 678">- Diariamente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 734 1262 768">- Semanalmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 846 1262 880">- Mensalmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 936 1262 969">- Anualmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1025 1262 1059">- Nunca <input type="checkbox"/>
2 – Nº de vezes que é realizada uma limpeza a fundo do edifício	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="746 1263 1262 1296">- Diariamente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1352 1262 1386">- Semanalmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1442 1262 1476">- Mensalmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1532 1262 1565">- Anualmente <input type="checkbox"/><li data-bbox="746 1621 1262 1655">- Nunca <input type="checkbox"/>

Anexo B - Folha de registro

Unidade hospitalar: _____

Data de colheita: _____

		Local de colheita	Volume de ar colhido (L)	Identificação da Placa		Hora Início	Hora Fim	Humidade	Temperatura (°C)	CO ₂ (ppm)
AR INTERIOR	Enfermaria _____	Manhã: Serviço _____	50							
			100							
			250							
			500							
			1000							
	Tarde: Serviço _____	50								
		100								
		250								
		500								
		1000								

Observações:

Unidade hospitalar: _____

Data de colheita: _____

		Local de colheita	Volume de ar colhido (L)	Identificação da Placa		Hora Início	Hora Fim	Humidade	Temperatura (°C)	CO ₂ (ppm)
AR EXTERIOR	Enfermaria	Ar novo: Serviço _____	50							
			100							
			250							
			500							
			1000							
	Ar exterior: Serviço _____	50								
		100								
		250								
		500								
		1000								

Observações: