



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa  
Instituto Politécnico de Lisboa



# Síndrome dos Edifícios Doentes

Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior

Projecto

Marta Sofia Guerreiro Sanguessuga

2º Ciclo - Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho

## Prova Pública

**Júri:**

**Presidente:**

Doutora Carla Viegas – Profª Adjunta da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

**Arguente:**

Doutora Susana Marta Lopes Almeida – Investigadora Auxiliar do Instituto Tecnológico e Nuclear

**Orientador:**

Doutor João Gomes – Profº Coordenador com Agregação do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

23 de Abril de 2012

## **Agradecimentos**

O desenvolvimento deste Projecto só foi possível graças ao apoio de várias pessoas, às quais quero expressar o meu agradecimento.

Ao Orientador, Professor Doutor João Fernando Pereira Gomes pelo seu apoio e disponibilidade ao longo deste Projecto.

A todos os professores que leccionaram os módulos, pois todos contribuíram para a aquisição de conhecimentos valiosos para a realização e desenvolvimento deste Projecto.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram durante este percurso.

Ao Nuno que nunca deixou de me apoiar e encorajar.

Aos meus pais pelo amor, dedicação, estímulo e apoio incondicional não só durante este projecto mas em todos os momentos da minha vida.

A todos, o meu obrigado.

## Resumo

A qualidade do ar, além de afectar o nosso bem-estar no dia-a-dia influencia e pode condicionar o nosso futuro, por isso a qualidade do ar interior (QAI) tem sido referida como um dos principais riscos ambientais para a saúde pública.

O nível de poluição do ar no interior dos edifícios pode atingir valores 2 a 5 vezes superiores ao do ar exterior. Por outro lado, os níveis de contaminação do ar interior adquirem a maior importância quando se tem em consideração que na sociedade moderna as pessoas passam cerca de 80 a 90% do seu tempo no interior de edifícios. Nos edifícios públicos, em especial nos estabelecimentos de ensino superior, as funções desempenhadas dentro destes edifícios atingem maior complexidade, sobretudo nos espaços destinados à investigação, sendo de primordial relevância a QAI, face aos efeitos nocivos que pode ter na saúde dos ocupantes e na sua concentração e desempenho.

O estudo tem como objectivo avaliar a QAI e identificar os eventuais sintomas de desconforto existentes nos ocupantes, de um dos edifícios de um estabelecimento de ensino superior e despistar se os mesmos estão afectados pelo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), com base na metodologia desenvolvida neste projecto.

A quantificação dos parâmetros ambientais será feita através de medições dos parâmetros físicos (temperatura, humidade relativa, ventilação) e dos parâmetros químicos (monóxido de carbono, dióxido de carbono e medição de partículas).

Na análise da sintomatologia percebida pelos ocupantes será aplicado um questionário individual.

**Palavras-Chave:** Qualidade do ar interior, síndrome do edifício doente, parâmetros ambientais, salas de aulas

## Abstract

Air quality affects our well-being and can determine our future, so indoor air has been mentioned as a major environmental risk to public health.

Nevertheless, levels of indoor air pollution within buildings may be 2 to 5 times higher than outdoors. On the other hand contamination levels of indoor air acquire extreme importance if we take into account that, in developed societies, people spend almost 80% or 90% of their time indoor.

In public buildings, especially in higher education institutions, the functions within these buildings achieve greater complexity, especially in areas designed for research, is of prime importance to indoor air quality, due to the harmful effects it may have on the health of occupants and their concentration and performance.

The purpose of the study is to evaluate indoor air quality in an institution of higher education and to analyze the symptoms perceived by its occupants and evaluate if they are affected by sick building syndrome (SBS), based on the methodology developed in this project.

The quantification of environmental parameters will be done by measurement of physical parameters (temperature, relative humidity, ventilation) and examining the concentrations of carbon monoxide, carbon dioxide and particles.

The analysis of symptoms perceived by the occupants will be applied an individual questionnaire.

**Keywords:** Indoor air quality, sick building syndrome, environmental parameters, class rooms

## Índice geral

|  |      |
|--|------|
| Agradecimentos.....  | i    |
| Resumo .....   | ii   |
| Abstract .....   | iii  |
| Índice Figuras .....   | vii  |
| Índice de Tabelas .....  | viii |
| Índice de Quadros .....  | ix   |
| Abreviaturas .....   | x    |
| 1 Introdução.....  | 10   |
| 2 Justificação do projecto de estudo.....  | 12   |
| 3 Questão de Partida.....  | 13   |
| 4 Estado da Arte.....  | 14   |
| 4.1 A Qualidade do Ar Interior .....   | 14   |
| 4.1.1 A OMS e a qualidade do ar.....   | 15   |
| 4.1.2 Legislação comunitária .....   | 17   |
| 4.1.3 Legislação nacional .....  | 18   |
| 4.1.4 Fontes de poluição e factores que afectam a Qualidade do Ar interior ..                                      | 19   |
| 4.1.5 Síndrome do edifício doente .....  | 23   |
| 4.1.5.1 Sintomas do Síndrome dos Edifícios Doentes .....   | 24   |
| 4.1.5.2 Factores de risco para o Síndrome dos Edifícios Doentes.....   | 25   |
| 4.1.6 A relação entre a Qualidade do Ar Interior nos estabelecimentos de ensino e o desempenho dos estudantes..... | 28   |
| 4.1.7 Concentrações máximas de referência.....   | 30   |
| 4.1.8 Unidades de medida da qualidade do ar interior - O “olf” e o “decipol” ..                                    | 32   |
| 4.1.9 Medidas de controlo da poluição do ar interior.....  | 33   |
| 5 Objectivos do Projecto de Estudo .....   | 36   |
| 5.1 Objectivo geral.....   | 36   |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 5.2       | Objectivos específicos .....   | 36 |
| 5.3       | Objectivos Operacionais .....  | 36 |
| 6         | Material e métodos .....   | 38 |
| 6.1       | Características do Estudo .....  | 38 |
| 6.1.1     | Tipo de Estudo .....   | 38 |
| 6.1.2     | Unidade de Análise.....  | 38 |
| 6.1.3     | Variáveis a analisar .....   | 38 |
| 6.2       | Procedimentos.....   | 39 |
| 6.2.1     | Instrumentos de Recolha de Dados .....                                   | 40 |
| 6.2.1.1   | Caracterização do edifício .....   | 41 |
| 6.2.1.2   | Avaliação do estado de manutenção/limpeza dos locais; .....              | 42 |
| 6.2.1.3   | Caracterização dos ocupantes .....                                       | 42 |
| 6.2.1.4   | Questionário individual .....  | 42 |
| 6.3       | Avaliação da Qualidade do Ar Interior.....                               | 43 |
| 6.3.1     | Espaços a avaliar .....  | 44 |
| 6.3.2     | Parâmetros a avaliar.....  | 44 |
| 6.3.2.1   | Monóxido de carbono .....  | 45 |
| 6.3.2.1.1 | Método e equipamento de medição do monóxido de carbono.....              | 47 |
| 6.3.2.2   | Dióxido de carbono.....  | 48 |
| 6.3.2.2.1 | Método e equipamento de medição do dióxido de carbono .....              | 49 |
| 6.3.2.3   | Partículas .....   | 49 |
| 6.3.2.3.1 | Método e equipamento de medição de Partículas .....                      | 52 |
| 6.3.2.4   | Temperatura e humidade relativa .....                                    | 52 |
| 6.3.2.4.1 | Método e equipamento de medição da temperatura e humidade relativa ..... | 54 |
| 6.3.2.5   | Ventilação.....  | 54 |
| 6.3.2.5.1 | Método e equipamento de medição da Ventilação .....                      | 56 |
| 6.4       | Tratamento dos dados.....  | 57 |

|      |  |      |
|------|--|------|
| 6.5  | Consentimentos.....                                      | 57   |
| 6.6  | Declaração de interesse .....                            | 57   |
| 7    | Previsão de Resultados .....                             | 58   |
| 8    | Discussão dos possíveis resultados .....                 | 61   |
| 9    | Considerações finais .....                               | 62   |
| 10   | Recursos Envolvidos.....                                 | 64   |
| 11   | Cronograma .....   | 65   |
| 12   | Referências bibliográficas .....                         | 66   |
| 13   | Apêndices .....  | xii  |
| 13.1 | Apêndice 1 – Pedido de Autorização Institucional .....   | xiii |
| 13.2 | Apêndice 2 - Termo de Compromisso Confidencialidade..... | xii  |
| 13.3 | Apêndice 3 - Folha de recolha de dados.....              | xii  |
| 14   | Anexos .....   | xiii |
| 14.1 | Anexo 1 – Questionário Individual .....                  | xiv  |

## Índice Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Interacção das fontes que influenciam a QAI .....   | 19 |
| Figura 2 - Fontes associadas à poluição interior .....   | 20 |
| Figura 3 - Desempenho dos estudantes versus taxa de ventilação baseado no estudo Dinamarquês. ....   | 29 |
| Figura 4 - Representação da definição de decipol. ....   | 33 |
| Figura 5 - Metodologia do estudo .....   | 40 |
| Figura 6 – Representação esquemática das principais regiões do tracto respiratório e sua correspondência com as fracções inalável, torácica e respirável ..... | 51 |

## Índice de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Parâmetros, poluentes e fontes que afectam a QAI .....   | 21 |
| Tabela 2 - Características dos poluentes e efeitos na saúde .....   | 22 |
| Tabela 3 - Odores e problemas associados nos edifícios .....  | 41 |
| Tabela 4 - Relação entre a exposição ao CO e os níveis de HbCO no sangue.....   | 47 |
| Tabela 5 - Divisão do Tracto respiratório em bases anatómicas de referência segundo o mecanismo de deposição das partículas ..... | 50 |

## Índice de Quadros

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios ..... | 31 |
| Quadro 2 - Caudais mínimos de ar novo nas escolas .....                                     | 55 |

## Abreviaturas

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>ACR</b>            | <i>Air Change Rate</i>  |
| <b>APA</b>            | Agência Portuguesa do Ambiente  |
| <b>ADEQ</b>           | Área Departamental de Engenharia Química  |
| <b>AVAC</b>           | Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado  |
| <b>ASHRAE</b>         | <i>American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers</i> |
| <b>CE</b>             | Comissão Europeia   |
| <b>CEN</b>            | Comité Europeu de Normalização  |
| <b>CO</b>             | Monóxido de Carbono   |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | Dioxido de Carbono  |
| <b>COVs</b>           | Compostos orgânicos voláteis  |
| <b>DL</b>             | Decreto Lei   |
| <b>DRE</b>            | Doenças relacionadas com edifícios  |
| <b>ECA</b>            | <i>European Collaborative Action</i>  |
| <b>EPA</b>            | <i>Environmental Protection Agency</i>  |
| <b>ESEC</b>           | Escola Superior de Educação de Coimbra  |
| <b>HbCO</b>           | Carboxi-hemoglobina   |
| <b>HCHO</b>           | Formaldeído   |
| <b>ISO</b>            | Organização de Normas Internacionais  |
| <b>NDIR</b>           | Método de detecção por espectroscopia não dispersiva de infravermelho           |
| <b>NIOSH</b>          | <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>                    |
| <b>NP</b>             | Norma Portuguesa  |
| <b>O<sub>3</sub></b>  | Ozono   |
| <b>OMS</b>            | Organização Mundial de Saúde  |
| <b>PM<sub>x</sub></b> | Partículas Suspensas no Ar  |
| <b>QAI</b>            | Qualidade do ar interior  |
| <b>RCCTE</b>          | Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios          |
| <b>ROCEPA</b>         | <i>Environmental Protection Administration of the Republic of China, Taiwan</i> |
| <b>RSECE</b>          | Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios               |

|               |   |
|---------------|---|
| <b>SBS</b>    | <i>Sick building syndrome</i>   |
| <b>SCE</b>    | Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios |
| <b>SED</b>    | Síndrome dos Edifícios Doentes  |
| <b>SPSS</b>   | Statistical Package for Social Sciences   |
| <b>UE</b>     | União Europeia  |
| <b>VLE</b>    | Valor Limite de Exposição   |
| <b>VLE-CD</b> | Valor Limite de Exposição - Curta Duração   |
| <b>VLE-CM</b> | Valor Limite de Exposição - Concentração Máxima   |
| <b>VLE-MP</b> | Valor Limite de Exposição - Média Ponderada no Tempo                                    |
| <b>WHO</b>    | <i>World Health Organization</i>  |

# 1 Introdução

Os seres humanos necessitam continuamente de ar para a sua sobrevivência, constituindo a qualidade do ar uma preocupação em matéria ambiental. A qualidade do ar, além de afectar o nosso bem-estar no dia-a-dia, influencia e pode condicionar o nosso futuro, pelo que os efeitos da qualidade do ar devem ser encarados como uma questão de saúde pública.

Grande parte da população, nas sociedades modernas, passa entre 80 a 90% do tempo em ambientes interiores (residências, escritórios, escolas, espaços comerciais, etc.), pelo que a qualidade do ar interior (QAI) afecta o conforto, a produtividade e a saúde ainda mais do que a qualidade do ar no exterior, atingindo em especial os grupos mais vulneráveis como as crianças e os idosos.<sup>1</sup>

A crise do petróleo, na década de 70, despertou uma maior preocupação com as questões energéticas e conduziu a uma tomada de consciência no uso racional de energia alertando para a necessidade de diminuir e evitar os desperdícios desta. Até essa altura, não existiam políticas específicas nem preocupações no que respeitava a consumos energéticos, em especial nos edifícios, dado o baixo custo da energia e a sua disponibilidade. Para diminuir as perdas energéticas e racionalizar o consumo de energia assistiu-se a uma alteração não só no padrão arquitectónico dos edifícios, como nos materiais de construção utilizados de modo a melhorar o isolamento térmico. Assim, foram construídos edifícios isolados termicamente sem aberturas externas que permitissem a ventilação natural, negligenciando o seu impacto no conforto e saúde dos seus ocupantes, principalmente nos países desenvolvidos do hemisfério norte.<sup>2,3</sup>

Desta forma, reduziram-se as taxas de renovação do ar nos sistemas de climatização, criando situações de confinamento que influenciaram negativamente a QAI. A *American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), que recomendava a necessidade de ventilação com uma troca do ar exterior/interior de 15 pés cúbicos por minuto por pessoa (cerca de 7,5 litros por segundo por pessoa), com o objectivo de economizar energia permitiu a utilização de apenas 5 pés cúbicos por minuto e por pessoa.<sup>3,4</sup> Inevitavelmente, a QAI diminuiu significativamente, o que levou a *Environmental Protection Agency* (EPA) a classificar a poluição do ar interior como um dos cinco principais riscos para a saúde pública nos Estados Unidos.

A grande diversidade de produtos e materiais sintéticos utilizados no revestimento e decoração dos edifícios, tais como: aglomerados de madeira, alcatifas, papéis de

parede, tintas, vernizes, colas, assim como os equipamentos, nomeadamente, fotocopiadoras, computadores e impressoras e ainda os produtos de limpeza utilizados, e por fim os ocupantes, geram a dispersão aérea de várias substâncias químicas, em particular os compostos orgânicos voláteis (COVs), o ozono e o dióxido de carbono, que podem atingir em ambientes interiores, concentrações duas a cinco e, ocasionalmente, cem vezes superiores ao ambiente externo.<sup>5</sup> O nível de poluentes no ar de ambientes internos é frequentemente maior do que no ar exterior.<sup>6</sup>

Alguns edifícios são designados de “doentes”, devido à baixa qualidade do ar nos diversos compartimentos, e os seus ocupantes referem um conjunto de sintomas de desconforto nomeadamente: letargia, cefaleias, cansaço, irritação do nariz e garganta e falta de concentração. Estamos, então, perante um dos problemas de QAI mais mediático, o Síndrome dos Edifícios Doentes (SED)<sup>7</sup>.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a poluição do ar interior é o oitavo factor de risco mais importante, responsável por 2,7% dos casos de doenças no mundo.<sup>8</sup>

Por estas razões, verifica-se cada vez uma maior atenção para os problemas associados à QAI.

Uma QAI óptima pode ser definida como o ar que se encontra livre de poluentes que causam irritação, desconforto e prejudicam a saúde daqueles que o inspiram.

O controlo da QAI é muitas vezes inadequado e deficiente apesar do papel determinante que tem na saúde e bem-estar dos indivíduos. Em Maio de 2000, a OMS no documento “Direito a uma Saudável Qualidade do Ar Interior” declarou que esse é um direito que assiste a todos dado o seu carácter universal e deriva dos princípios fundamentais no campo dos direitos humanos, da ética e da sustentabilidade<sup>8</sup>. Este documento da OMS pretende informar e alertar os indivíduos e os grupos responsáveis pela QAI para os seus direitos e deveres na prossecução deste objectivo.

A avaliação da QAI é essencial para definir estratégias de abordagem e controlo em ambientes interiores, visando eliminar ou mitigar os problemas do ambiente interior dos edifícios, de modo a atingir-se uma QAI no mínimo aceitável.

## 2 Justificação do projecto de estudo

Este projecto de estudo realiza-se no âmbito do Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho, e sendo a Higiene no Trabalho a ciência que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controlo dos factores externos que podem ocasionar doenças, prejudicar a saúde e o bem-estar ou criar algum mal-estar ou incómodo significativo nos trabalhadores, o mesmo torna-se pertinente dado o modo como a QAI pode afectar o bem-estar e a saúde dos trabalhadores e ocupantes de um edifício. A identificação e avaliação dos riscos e o modo de os mitigar ou eliminar constituem um dos campos de acção e intervenção da Segurança e Higiene no Trabalho, pelo que este projecto de estudo que tem como objectivo delinear a metodologia e os parâmetros a avaliar no estudo a desenvolver sobre a QAI num estabelecimento de ensino se insere perfeitamente nesta disciplina.

Nos edifícios públicos, em especial nos estabelecimentos de ensino superior, as funções desempenhadas dentro destes edifícios atingem maior complexidade, sobretudo nos espaços destinados à investigação, sendo de primordial relevância a QAI, face aos efeitos nocivos que pode ter na saúde dos ocupantes e na sua concentração e desempenho. Segundo a EPA, dados recentes sugerem que uma QAI reduzida pode reduzir a capacidade de desempenho de tarefas mentais específicas que requeiram concentração, cálculo ou memorização<sup>10</sup>.

Face ao atrás exposto, este projecto descreve a metodologia a seguir no estudo a desenvolver com o objectivo de avaliar a QAI e identificar os eventuais sintomas de desconforto existentes nos ocupantes, de um edifício de um estabelecimento de ensino superior e despistar se os mesmos estão afectados pelo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), tendo por base a legislação em vigor, as recomendações e directrizes sobre esta matéria e a literatura existente.

Assim, optou-se por numa primeira parte do trabalho debruçar-nos sobre o estado da arte, abordando matérias e assuntos necessários ao desenvolvimento do estudo, tais como: analisar a legislação europeia e nacional que rege a matéria da QAI; fontes e factores que afectam a QAI; e SED. A segunda parte consiste no projecto de avaliação propriamente dito da QAI do edifício objecto do estudo.

### **3 Questão de Partida**

Será que os trabalhadores e utilizadores do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior estão afectados pelo Síndrome do Edifício Doente (SED) devido à QAI?

## 4 Estado da Arte

A preocupação com a QAI, pelas implicações que tem na saúde e bem-estar dos seres humanos, ocupa cada vez mais um lugar de destaque, e está na agenda de investigadores científicos, organizações internacionais, governos, *media*, e também as pessoas vão ficando mais esclarecidas e conscientes do direito a um ar saudável. O percurso já é longo, e nas últimas décadas muito se tem investigado sobre a QAI, sendo já considerável o número de estudos realizados em diferentes continentes e países, embora a maior parte se tenha realizado nos Estados Unidos da América, também na Europa, em especial, sob a alçada da União Europeia têm sido desenvolvidos estudos e projectos sobre a QAI, nomeadamente, os estudos ARMEX e EXPOLIS e os Projecto Index e EnVIE. Os resultados dos estudos e o conhecimento disponível sobre os poluentes e as suas fontes têm conduzido à definição de *guidelines* e normas por diferentes organismos internacionais, e à publicação de legislação sobre a QAI, bem como à adopção de estratégias que permitam o controlo dos poluentes.

### 4.1 A Qualidade do Ar Interior

A qualidade do ar em ambientes internos, mais conhecido na literatura como *indoor* tem sido objecto de inúmeros estudos nas últimas décadas. O termo tem sido utilizado principalmente para edifícios residenciais, comerciais e de serviços, diferenciando-se do ambiente interno das fábricas. No caso da poluição ambiental, *outdoor*, a concentração de poluentes varia de acordo com a instabilidade meteorológica e as diferentes fontes emissoras, em ambientes internos o indivíduo está exposto, por longos períodos, a concentrações mais ou menos constantes dos agentes poluidores gerados no próprio ambiente, embora a poluição exterior dê o seu contributo, mesmo em ambientes com ar condicionado.<sup>11</sup>

No entanto, a QAI não resulta apenas da não existência de poluentes ou de baixas concentrações dos mesmos, mas também, do nível de conforto, isto é, da temperatura, humidade relativa e da percepção que cada um tem da qualidade do ar que respira. A temperatura e a humidade podem afectar negativamente a qualidade do ar e prejudicar a saúde<sup>12</sup>, caso excedam os parâmetros de conforto geralmente aceites.

O conforto térmico é um conceito não exacto que depende de parâmetros individuais (metabolismo, vestuário, sexo, idade) e ainda de parâmetros físicos ou ambientais (temperatura, humidade relativa do ar, velocidade do ar) não esquecendo a intensidade luminosa e o nível de ruído.

Segundo a ASHRAE, e conforme o definido na norma ISO 7730, conforto térmico é: “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa (nem quente nem frio)”<sup>13,14</sup>.

Ambientes com reduzida taxa de renovação do ar apresentam, frequentemente, uma elevada concentração de dióxido de carbono, partículas e microrganismos. Por outro lado, a humidade dos edifícios, associada a uma ventilação e envolvente deficientes pode potenciar a presença de alérgenos, fungos e bactérias relacionados com a prevalência de patologias respiratórias.<sup>15,16</sup>

Actualmente, assiste-se a um aumento da incidência da asma, doenças respiratórias e mortalidade associada que se contrapõem às tendências de diminuição registadas nos anos setenta. A incidência de asma e alergia aumentou nos países desenvolvidos ao longo dos últimos 30 anos. Estima-se que cerca de 20% da população mundial sofra de doença alérgica e que a asma afecte cerca de 150 milhões de pessoas.<sup>17</sup> Dado que, tanto os valores limite como as concentrações de poluentes pulmonares irritantes e partículas no ar ambiente têm vindo a baixar, em grande parte das cidades do mundo nas últimas décadas, tal sugere que a poluição do ar ambiente exterior não é maioritariamente responsável pelo aumento destes problemas de saúde.<sup>18</sup>

Segundo os padrões da OMS, mais de metade dos ambientes internos de edifícios como: escolas, hospitais, residências, cinemas, teatros, centros comerciais, apresenta ar de má qualidade e sugere que os ocupantes de 30% dos edifícios novos ou remodelados em todo o mundo apresentavam queixas compatíveis com má qualidade do ar em ambientes internos<sup>19,20</sup>.

#### **4.1.1 A OMS e a qualidade do ar**

A importância da qualidade interior do ar na saúde dos indivíduos é tal que tem mobilizado não só entidades governamentais dos diferentes países como também organizações internacionais no desenvolvimento de directrizes sobre a matéria.

A nível mundial, a OMS enquanto entidade de coordenação, monitorização e avaliação da saúde pública, tem um papel primordial na defesa e integração da saúde nas políticas e programas energéticos, ao nível internacional, estabelecendo as

orientações e desenvolvendo directrizes para a qualidade do ar externo e interior de forma a garantir a protecção da saúde humana.

Em 1987 o Escritório Regional para a Europa da OMS publica a 1ª edição da “Qualidade do ar directrizes para a Europa”<sup>21</sup>, contendo a avaliação dos riscos para a saúde de vinte e oito contaminantes químicos do ar. A segunda edição publicada em 2000 já continha uma secção sobre poluentes de ar interior<sup>22</sup>. Em 2005, efectuou a actualização das orientações sobre a qualidade do ar e desenvolveu directrizes específicas para a QAI<sup>23</sup>.

A OMS reconhece o papel especial desempenhado pela QAI enquanto determinante da saúde pública, daí a necessidade de uma diferente abordagem da utilizada para a qualidade do ar exterior.

Os critérios para a selecção dos poluentes para o desenvolvimento de recomendações ou Directivas específicas atendem ao seguinte:

- existência de grande variedade de fontes interiores;
- disponibilidade de dados toxicológicos e epidemiológicos;
- níveis interiores que excedam os valores limites;

Com base nestes critérios, os poluentes considerados são divididos em duas categorias. O Grupo 1 inclui os poluentes para os quais se torna necessária a existência de uma directriz da OMS para o ar interior e o Grupo 2 inclui poluentes de interesse potencial<sup>24</sup>.

Em 2010 a OMS no documento “*WHO Guidelines for Indoor Air Quality – Selected Pollutants*” publicou os valores standards de nove poluentes do ar interior na sequência da recomendação que saiu da reunião com especialistas internacionais, realizada em 2006 no âmbito do programa europeu da qualidade do ar. Para cada um dos poluentes o estudo contempla:

- descrição geral do composto
- fontes interiores e vias de exposição
- níveis interiores actuais e relação com os níveis exteriores
- cinética e metabolismo
- efeitos na saúde
- avaliação de risco para a saúde humana
- directrizes e orientação
- referências

## 4.1.2 Legislação comunitária

No que concerne à Europa, sob a autoridade da Comissão Europeia (CE) e da *European Collaborative Action* (ECA) a investigação é realizada e apoiada através de projectos internacionais. Os regulamentos e directivas resultantes da investigação são aplicados a todos os estados-membros. No entanto, os países podem estabelecer medidas ambientais e de saúde mais rigorosas de modo a desenvolverem os seus próprios programas.

Cerca de um terço do consumo de energia na União Europeia (UE) está associado ao consumo energético dos edifícios. Daí, a necessidade de estabelecer medidas a nível comunitário que possibilitem não só a redução do consumo mas também a preservação de uma boa qualidade do ar ambiente. Em linha com este entendimento foi recentemente revista a legislação comunitária com o objectivo de incorporar os progressos técnicos e a experiência adquirida nos Estados Membros sobre esta matéria, tendo sido publicada a Directiva 2008/50/CE de 21 de Maio<sup>25</sup>, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa.

No campo da certificação energética destacam-se as principais Directivas:

- **Directiva 2002/91/CE**, de 16 de Dezembro<sup>26</sup>, impõe aos Estados Membros da União Europeia a emissão de certificados energéticos para obter licença de utilização em edifícios novos, no caso de reabilitação importante dos edifícios existentes, ou nas situações de venda e locação de edifícios de habitação ou de serviços existentes. Esta Directiva exige a comprovação do cumprimento da regulamentação apenas no final da construção, no entanto, em Portugal optou-se por fazer essa comprovação em dois momentos, um antes da construção e o outro no final, o primeiro é na fase do pedido da licença de construção e o segundo aquando do pedido da licença de habitabilidade. Apesar desta verificação em duas fases implicar maiores custos, em muitos casos evita correcções que na fase final da obra representariam custos muito consideráveis;
- **Directiva 2006/32/CE** de 5 de Abril de 2006<sup>27</sup>, relativa à eficiência na utilização final da energia e aos serviços energéticos. Esta Directiva indica que a certificação sobre o desempenho energético dos edifícios é equivalente a uma auditoria energética destinada às micro, pequenas e médias empresas.

### 4.1.3 Legislação nacional

O Decreto-Lei nº 102/2010 de 23 de Setembro<sup>28</sup> transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva 2008/50/CE de 21 de Maio, estabelecendo os objectivos da qualidade do ar tendo em conta as normas, as orientações e os programas da OMS, destinados a preservar a qualidade do ar ambiente quando ela é boa e a melhorá-la nos outros casos.

Como resultado das crescentes preocupações relacionadas com a eficiência energética e da obrigatoriedade da transposição da Directiva Europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios e da QAI, entrou em vigor em 2006 a legislação nacional específica, para o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Apesar da maioria dos países Europeus se ter concentrado no cumprimento dos requisitos energéticos da Directiva, Portugal foi mais além, e optou por desenvolver as exigências de QAI, de forma a definir condições mínimas de qualidade do ar interior para os edifícios abrangidos pelo SCE:

- **Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril<sup>29</sup>**, transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva nº 2002/91/CE de 16 de Dezembro e aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;  
Os principais objectivos deste diploma são: assegurar a aplicação das normas relativas à eficiência energética dos edifícios e garantir a qualidade do ar interior; certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior dos edifícios.
- **Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril<sup>30</sup>** aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e que impõe a obrigatoriedade das auditorias da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (RSECE);
- **Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril<sup>31</sup>** aprova o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e define requisitos de qualidade para novos edifícios de habitação e pequenos serviços sem sistemas de climatização.

Esta regulamentação introduz a QAI como componente fundamental na avaliação de um edifício na sua vertente energética, mas também ao nível da saúde dos ocupantes, implementando directrizes para caudais de renovação de ar, parâmetros físicos (temperatura, humidade relativa e velocidade do ar) e concentrações recomendadas

para poluentes do ar interior, definindo assim as condições de conforto térmico e de higiene requeridas para os diferentes espaços dos edifícios, atendendo à sua utilização. Esta regulamentação permite assegurar uma boa QAI não só como um dos objectivos mais importantes na fase de projecto, como na construção e manutenção dos edifícios.

#### 4.1.4 Fontes de poluição e factores que afectam a Qualidade do Ar interior

Até final dos anos noventa do século XX, uma boa ventilação era considerada como o suficiente para a manutenção de uma QAI aceitável, uma vez que apenas os ocupantes eram tidos como emissores de poluentes como o CO<sub>2</sub>. Com a alteração desta visão redutora, reconheceu-se que a presença dos poluentes estava relacionada não só com os ocupantes e suas actividades, mas também com os materiais utilizados na construção dos edifícios, com os equipamentos e mobiliário, com os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), e com a qualidade do ar exterior.<sup>32</sup> De facto, a QAI de um edifício é determinada pela interacção da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação (mobiliário, processos de trabalho e actividades, fontes de humidade e poluentes exteriores), e do número de ocupantes.<sup>33</sup> Na Figura 1 esquematizamos a interacção entre as diferentes fontes que influenciam a QAI.

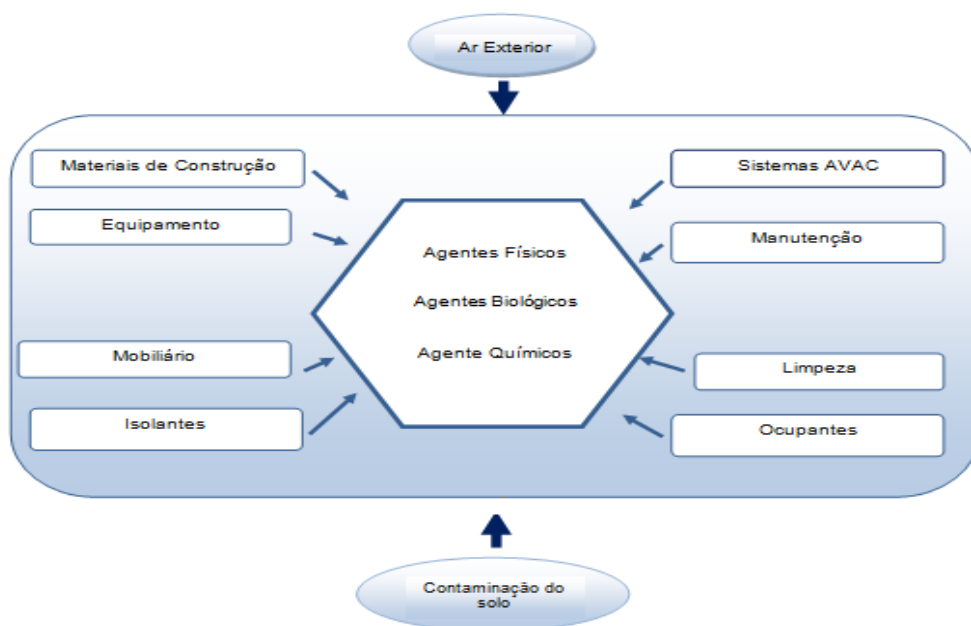


Figura 1 – Interação das fontes que influenciam a QAI

Uma fonte é um ponto de emissão de uma substância (poluente) ou outra disfunção (ruído, níveis de luz inaceitáveis). A caracterização de uma fonte envolve a identificação da sua origem, medição da intensidade das emissões e avaliação dos possíveis efeitos na saúde e conforto dos indivíduos<sup>34</sup>. Os poluentes podem ser gerados por uma fonte específica ou por diversas fontes com origem em fontes internas ou externas e ser gerados periódica ou continuamente.

Estudos efectuados pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), em diversos edifícios, identificaram as principais fontes associadas com uma deficiente QAI<sup>35</sup>, destacando-se a ventilação inadequada com mais de 50% seguida pelos contaminantes interiores, exteriores, matéria microbiana e contaminantes dos materiais de construção Figura 2.

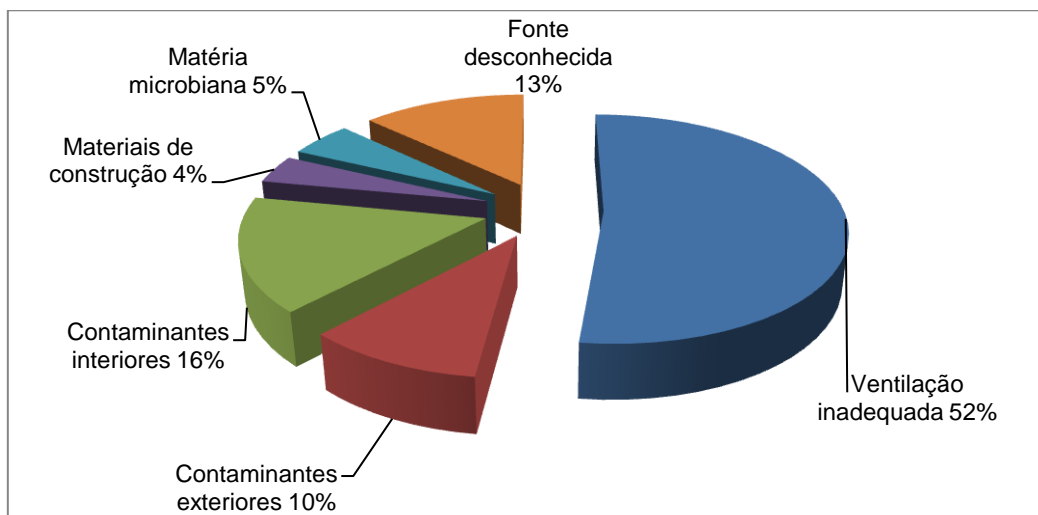


Figura 2 - Fontes associadas à poluição interior

[Fonte NIOSH, 2001]

Falamos de ventilação inadequada quando há uma deficiente renovação de ar fresco ou quando a distribuição do ar fresco dentro do edifício é desigual. Diversos estudos confirmam o papel negativo para a saúde de uma ventilação inadequada nos edifícios. Os resultados demonstram que uma taxa de ventilação mais elevada diminui os índices de prevalência dos sintomas da SED<sup>36</sup>, ao passo que em escritórios com caudais de ventilação inferiores a 25 l/s por pessoa (50 cfm/pessoa) aumenta o risco de problemas de saúde<sup>37</sup>.

A poluição do ar interior é determinada pela presença de um ou vários poluentes no ar interior, que constituem um certo grau de risco para a saúde humana. Estes poluentes podem ser gerados por fontes externas ou internas, incluindo as actividades de manutenção e remodelação de edifícios e as actividades dos seus ocupantes.

Algumas das substâncias são constituintes comuns do ar, e só quando atingem concentrações suficientes para a diminuição da qualidade do ar podendo causar efeitos nocivos sobre a saúde são classificados de contaminantes ou poluentes.

Na Tabela 1 estão listados os principais poluentes e respectivas fontes de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA)<sup>33</sup>.

Tabela 1 - Parâmetros, poluentes e fontes que afectam a QAI

| <b>Parâmetros e poluentes</b>                     | <b>Fontes de emissão</b>   |
|---|--|
| <b>Temperatura e valores extremos de humidade</b> | Colocação imprópria dos dispositivos de medição (termóstatos), deficiente controlo da humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, nº de equipamentos instalados e densidade de ocupação humana. |
| <b>Dióxido de carbono</b>                         | Ocupação humana (nº de ocupantes), queima de combustíveis fósseis (gás, aquecedores, etc.).  |
| <b>Monóxido de carbono</b>                        | Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão, fumo do tabaco   |
| <b>Formaldeído</b>                                | Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia-formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.   |
| <b>Partículas</b>                                 | Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros AVAC, limpezas.   |
| <b>Compostos Orgânicos Voláteis (COV)</b>         | Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca, solventes.   |
| <b>Ventilação inadequada</b>                      | Medidas de poupança de energia e manutenção, má concepção do projecto de AVAC, operação deficiente de funcionamento, alteração do funcionamento do sistema de AVAC pelos ocupantes, concepção desajustada dos espaços.   |
| <b>Matéria microbiana</b>                         | Água estagnada em sistema AVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento, torres de refrigeração.  |

[Fonte: APA, 2009]

Os efeitos de cada um dos poluentes na saúde humana são diferentes, sendo agravados em caso de exposição simultânea a vários poluentes, os efeitos nestes casos podem ser mais intensos do que a soma dos efeitos de cada um dos poluentes, dado que, podem acarretar efeitos sinérgicos. A exposição simultânea a vários produtos químicos, ainda que em baixas concentrações, pode causar problemas de saúde. Os efeitos a este tipo de exposição combinada são conhecidos como Sensibilidade Química Múltipla<sup>38</sup>. Os sintomas são tanto mais intensos quanto maior

for a intensidade da exposição (concentração e duração da exposição), o estado de saúde e a susceptibilidade dos ocupantes do edifício.

Os efeitos dos poluentes na saúde humana podem ser classificados como:

- Efeitos incomodativos: odores desagradáveis (após 5 a 60 min de exposição); reacções de irritação dos olhos, nariz, garganta, boca;
- Efeitos agudos: imediatos;
- Efeitos prolongados: reacções alérgicas ou infecciosas, cancro do pulmão, etc.

A Tabela 2 indica os efeitos na saúde dos principais poluentes bem como as suas características.

Tabela 2 - Características dos poluentes e efeitos na saúde

| Poluente                                       | Características físico-químicas   | Efeitos na saúde  |
|--|---|---|
| <b>CO</b><br>(Monóxido de carbono)             | Incolor; Inodoro  | Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens<br>Carboxihemoglobinemia (impede a captação de oxigénio)<br>Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular             |
| <b>CO<sub>2</sub></b><br>(Dióxido de carbono)  | Incolor   | Dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, fadiga, falta de ar<br>Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular  |
| <b>HCHO</b><br>(Formaldeído)                   | Incolor, odor forte, solúvel em água, muito reactivo  | Irritação dos olhos, nariz, garganta, dificuldades respiratórias, enjoos, fadiga  |
| <b>O<sub>3</sub></b><br>(Ozono)                | Incolor, poderoso oxidante  | Problemas respiratórios, reacções asmáticas e alérgicas, pressão no peito e tosse, alterações da vigilância e da actuação, edema pulmonar se a exposição for prolongada ou repetida |
| <b>COV'S</b><br>(Compostos orgânicos voláteis) | Solventes de uso comum (benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno, tetracloroetileno, entre outros) | Odores, sintomas de alergia, náuseas, vertigens, fadiga, dores de cabeça, olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, cancro da pele e do pulmão, leucemia             |
| <b>PM<sub>10</sub></b>                         | Material sólido ou pequenas gotículas de vapor, fumo e poeiras                                      | Problemas respiratórios, olhos secos, asma e alergias, irritação da pele e mucosas, tosse e espirros, doenças profissionais (metais)  |
| <b>Benzeno</b>                                 | Líquido volátil, incolor, pouco solúvel em água, altamente inflamável                               | Depressão do sistema nervoso central, perda de consciência, leucemia  |

[Adaptado de APA, 2009]

São múltiplos os factores susceptíveis de afectarem e influenciarem a QAI bem como a percepção que os indivíduos têm desta. Os factores podem ser divididos em quatro grupos; físicos, químicos, biológicos e psicossociais. Neste último grupo, são

considerados factores como o sexo, a actividade desenvolvida, a carga de trabalho, o trabalho com monitores visuais, a satisfação com o trabalho, os antecedentes pessoais e patologias existentes.

#### 4.1.5 Síndrome do edifício doente

As preocupações públicas sobre os efeitos adversos do ar interior têm aumentado nas últimas décadas, iniciaram-se nos anos 70 com relatos em que os ocupantes de edifícios residenciais, comerciais ou institucionais, referiam problemas de saúde associados com a permanência nos edifícios que utilizavam. As evidências científicas, relativas aos efeitos adversos do ar ambiente interior, na saúde e performance dos indivíduos emergiram lentamente.<sup>39</sup>

O termo Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), do inglês *Sick Building Syndrome* (SBS), é utilizado para descrever casos de desconforto e/ou de sintomas inespecíficos referidos pelos trabalhadores ou ocupantes de determinados edifícios, sem que uma doença ou causa específica possa ser identificada.<sup>40</sup> As causas das queixas dos ocupantes são multi-factoriais e não são acompanhadas por qualquer lesão orgânica, sendo o SED diagnosticado por exclusão. Por isso, o SED não é o diagnóstico para um indivíduo mas para a população de ocupantes de um edifício em relação a esse mesmo edifício<sup>41</sup>. A percepção sensorial dos odores e a irritação das mucosas conduzem à percepção da deficiente qualidade do ar e de possíveis riscos e conseqüentemente ao stress ou a respostas comportamentais como: abrir uma janela ou abandonar o edifício<sup>41</sup>. As análises às amostras do ar, podem não indicar concentrações significativas de nenhum dos poluentes presentes, sendo o problema, muitas vezes, devido à combinação dos efeitos dos diferentes poluentes presentes em baixas concentrações. Normalmente, os sintomas agravam-se ao longo do dia, durante a permanência no edifício, diminuindo à noite e nos fins-de-semana quando o abandonam. É considerada uma questão de saúde ocupacional, dado que se está perante uma relação de causa e efeito entre as condições ambientais de trabalho e os sintomas de desconforto decorrentes das agressões ao bem-estar verificadas nesses locais.<sup>42</sup>

O SED está primeiramente associado a edifícios de escritórios e instalações não industriais.<sup>2</sup> Em 1982 o Comité Técnico da OMS definiu o conjunto dos principais sintomas de reconhecimento do SED: dor de cabeça, fadiga, letargia, prurido e ardor

nos olhos, irritação do nariz e garganta, problemas cutâneos e dificuldade de concentração.

A OMS identificou dois tipos distintos de edifícios doentes<sup>43</sup>.

- Edifícios temporariamente doentes, entre os quais se incluem edifícios novos ou de remodelação recente, onde os sintomas desaparecem com o tempo (aproximadamente meio ano). Originando o SED temporal, o sintoma diminui ou desaparece com o decorrer do tempo.
- Edifícios permanentemente doentes, quando os sintomas persistem apesar de se tomarem medidas para solucionar os problemas. O SED é permanente quando os sintomas continuam apesar das medidas adoptadas.

A OMS calcula, que a nível mundial 30% dos edifícios públicos novos ou reformados são afectados pelo SED.

Estudos realizados nos anos 80 avaliaram que entre 800 000 e 1 200 000 edifícios comerciais nos Estados Unidos tinham problemas associados ao SED e entre 30 a 70 milhões dos seus ocupantes apresentavam o Síndrome do Edifício Doente<sup>44,45</sup>. Com base em pesquisa bibliográfica, Fisk e Rosenfeld<sup>46</sup>, estimaram um ganho anual em produtividade e economia para os Estados Unidos de 6 a 14 mil milhões de dólares pela redução de doenças respiratórias; 2 a 4 mil milhões pela redução de alergia e asma e 10 a 30 mil milhões de dólares pela redução de SED.

#### **4.1.5.1 Sintomas do Síndrome dos Edifícios Doentes**

Os sintomas do SED podem ocorrer isoladamente ou combinados uns com os outros. Em muitos dos casos, os sintomas são difíceis de relacionar com a síndrome, dado que transmitem a ideia de uma constipação comum ou doença respiratória, piorando à medida que o dia avança e desaparecendo quando o ocupante abandona o edifício.

Segundo Burroughs<sup>47</sup> existem cinco grupos de sintomas que podem surgir nos ocupantes de um edifício considerado doente:

- I. Manifestações nasais - o sintoma mais frequente é a congestão nasal, surge quando o indivíduo entra no edifício e desaparece quando abandona o espaço interior; Outros sintomas nasais referidos são a irritação nasal e a rinorreia.
- II. Manifestações oculares – irritação ocular, sensação de ardor e olhos secos, sem sinais de inflamação.

- III. Manifestações orofaríngeas – perturbações na garganta e sistema respiratório, sensação de secura e irritação da garganta.
- IV. Manifestações cutâneas – pele seca e irritada, são uma queixa frequente no SED. O ar seco quente ou uma circulação excessiva de ar pode levar ao aparecimento de certo tipo de dermatose.
- V. Manifestações gerais – as cefaleias são normalmente o sintoma mais presente, podendo ocorrer diariamente e variar de moderadas a graves enxaquecas. As dores de cabeça, fadiga generalizada, tonturas, dificuldade de concentração e mal-estar geral são os sintomas mais frequentes citados nos casos de edifícios doentes.

Considera-se que se está perante um caso de SED quando 20% ou mais dos ocupantes desse edifício apresentam os sintomas e as queixas persistem por mais de duas semanas.

#### **4.1.5.2 Factores de risco para o Síndrome dos Edifícios Doentes**

Diversos estudos identificaram os principais factores de risco para o SED:

- Temperatura e humidade relativa do ar - temperaturas internas em ambientes fechados acima dos 22 °C provocam irritação das mucosas e sintomas como: cefaleias, letargia e cansaço. Em climas tropicais há uma maior tolerância a temperaturas mais elevadas<sup>43</sup>. Humidade relativa do ar menor que 40% está associada a sintomas das mucosas ocular e vias respiratórias, ao passo que humidade relativa acima de 60% pode contribuir para a condensação da água e o crescimento de microorganismos patogénicos<sup>48</sup>.
- Ventilação – a ventilação é o processo pelo qual o ar fresco é introduzido e o ar interior contaminado com impurezas é removido. A ventilação inadequada origina o aumento gradual da concentração interna dos poluentes e é a mais importante causa do SED<sup>49</sup> e a principal causa dos problemas da QAI<sup>50,51</sup>. A eficiência da ventilação de um edifício selado pode ser avaliada pelos níveis internos de CO<sub>2</sub>. Artigos de revisão de literatura concluíram que o SED diminui quando a concentração de CO<sub>2</sub> atinge valores inferiores a 800 ppm e quando o fluxo do ar externo é aumentado para 20 a 25 l/s por pessoa<sup>37,50</sup>.
- Contaminantes biológicos (bioaerossóis) – bioaerossóis são partículas de origem biológica suspensas no ar ambiente. A inalação destas partículas pode

provocar sintomatologia respiratória diversa que depende não só das propriedades biológicas e composição química das partículas, mas também do número de partículas inaladas, do local onde se depositam no sistema respiratório e da sensibilidade do indivíduo<sup>52</sup>. Os fungos mais comuns são *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Aspergillus*, e as principais bactérias: *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Legionella Pneumophila*. Estudos epidemiológicos demonstram a associação entre os bioaerossóis e o SED e a Doença Relacionada com o Edifício (DRE).

- Mofo e humidade (infiltração) – o mofo e a humidade interiores são dois factores de risco para o SED de acordo com diversos estudos que mostram uma associação entre o mofo e a humidade (infiltração) no interior dos edifícios e o aumento da sintomatologia percebida pelos ocupantes compatível com o SED<sup>53</sup>.
- Contaminantes químicos – os compostos orgânicos voláteis, e em especial os formaldeídos são os principais contaminantes químicos em ambientes internos. Os COV's têm propriedades irritantes e de odor desagradável. Os efeitos da irritação podem causar: espirros, tosse, rouquidão, conjuntivite, etc. Ao passo que o odor pode desencadear reacções de hipersensibilidade, vômitos ou até mesmo comportamento inusual.
- Idade do edifício – em edifícios novos devido às altas concentrações de COV's e material particulado proveniente dos materiais de construção e do mobiliário, os seus ocupantes podem apresentar sintomas compatíveis com o SED, no entanto, passados poucos meses, quando as concentrações diminuem e caso não existam outros problemas os sintomas desaparecem<sup>43</sup>. Mas, também edifícios antigos, com o envelhecimento dos equipamentos, acumulação de poeira, bolor, humidade nas paredes, acumulação de contaminantes químicos e biológicos nos sistemas de refrigeração, podem originar situações de SED.
- Iluminação – desde há muito tempo que estão identificados os problemas associados à iluminação artificial, seja pela sua deficiência, seja pela intensidade do brilho, sendo a fadiga, cefaleias e tensão os mais prevalentes. Pelo que, uma má iluminação pode contribuir para o aparecimento de situações de SED.
- Género e idade – Não existem estudos demonstrando a associação entre o SED e a idade dos indivíduos. No entanto, no que respeita ao género há

evidências que demonstram que o género feminino é mais susceptível que o masculino<sup>54</sup>.

- Exposição a terminais de vídeo – A exposição prolongada a terminais de vídeo pode interferir na produção e qualidade da lágrima provocando sintomas compatíveis com o SED<sup>48</sup>.
- Factores psicossociais – A organização do trabalho, a insatisfação em geral, a actividade, a comunicação têm um papel importante no aparecimento de sintomas atribuíveis a SED, pois tornam o indivíduo mais susceptível<sup>42</sup>. Dois estudos recentes mostram a associação entre factores psicossociais e sintomas de SED<sup>55,56</sup>.

Segundo Ali e colaboradores foi estabelecido que o SED provém, essencialmente, de quatro fontes principais<sup>42</sup>:

- Biológica: bioaerossóis formados por bactérias, fungos, vírus e substâncias produzidas por esses agentes.
- Química: monóxido de carbono, dióxido de nitrogénio (devido a processos de combustão e tabaco), ozono (impressoras e fotocopiadoras), formaldeído (presente em vernizes, espumas de isolamento, e aglomerados de madeira).
- Partículas: lã de vidro, micro fibra de amianto, fibras naturais e pólenes.
- Estruturais: percentagem de renovação do ar, humidade do ar, temperatura, iluminação inadequada, ruídos.

A poluição do ar interior dos edifícios reflecte-se directamente na saúde e, conseqüentemente, no bem-estar e produtividade dos seus ocupantes<sup>57,58,59</sup>.

Já em 1994, Seltzer referia que as estimativas do impacto económico dos problemas relacionados com SED, nomeadamente, os custos médicos, por absentismo e perdas na produtividade dos funcionários, eram da ordem dos 12 mil milhões de dólares por ano, nos Estados Unidos da América<sup>60</sup>, o que indica a dimensão do problema e justifica a preocupação mundial sobre o assunto.

#### **4.1.6 A relação entre a Qualidade do Ar Interior nos estabelecimentos de ensino e o desempenho dos estudantes**

Existem vários modos, directos e indirectos, em que os aspectos da QAI podem afectar a performance dos ocupantes dos edifícios. No caso dos estabelecimentos de ensino, a QAI pode afectar a saúde dos estudantes e professores, que por sua vez pode influenciar o desempenho directa ou indirectamente pelos efeitos na assiduidade ou prejudicando a qualidade do ensino<sup>39</sup>. O ar ambiente em escolas pode causar efeitos na saúde que directamente diminuem a concentração ou a memorização – efeitos neurológicos – ou causar outros efeitos na saúde que indirectamente afectem a aprendizagem. Por exemplo, os poluentes interiores podem exacerbar doenças como a asma ou alergias que produzem sintomas ou levam ao absentismo que por sua vez prejudicam a aprendizagem, ou que conduzem ao uso de medicação que diminui o desempenho. A asma é a principal causa de absentismo devido a doenças crónicas, sendo responsável por 20% das faltas em escolas elementares e superiores<sup>39</sup>.

Diversos estudos indicam que a ventilação afecta directamente o desempenho dos estudantes. Pesquisas efectuadas, pela Universidade de Tulsa, no âmbito de um Programa sobre o ar ambiente interior, apontam para um desempenho significativamente melhor na realização de testes padronizados por parte dos estudantes de salas bem ventiladas do que o dos seus colegas em salas inadequadamente ventiladas. O estudo sugere uma correlação entre o ar estagnado e o desempenho académico no intervalo de 0,9 até 7,1 l/s por pessoa. O estudo desta universidade, mostra que por cada unidade (1 l/s por pessoa) aumentada na taxa de ventilação, a proporção de estudantes que resolvem os testes de matemática com uma pontuação satisfatória ou superior, aumenta 2,9%, e nos testes de leitura o aumento é de 2,7%<sup>61</sup>. Na Noruega, num estudo realizado em 35 salas de aulas localizadas em oito escolas, foi utilizado o tempo de reacção num teste padronizado para medir a concentração e vigilância dos estudantes. As reacções foram 5,4% mais rápidas com uma taxa de ventilação de 8,1 trocas de ar por hora correspondendo a 26 cfm por pessoa comparada com 2,6 trocas de ar por hora e 8 cfm por pessoa<sup>62</sup>. Num estudo dinamarquês realizado em quatro salas de aula, Wargocki e Wyon utilizaram tarefas de desempenho representativas de vários aspectos do trabalho escolar, desde a leitura à matemática, incorporadas em trabalhos escolares. Este estudo relatou um

aumento estatisticamente significativo de 8% na rapidez na realização das tarefas com a duplicação da taxa de ventilação<sup>63,64</sup>. Quanto ao número de erros não se verificou uma influência significativa com a alteração da taxa de ventilação, conforme os resultados deste estudo representados na

Figura 3.

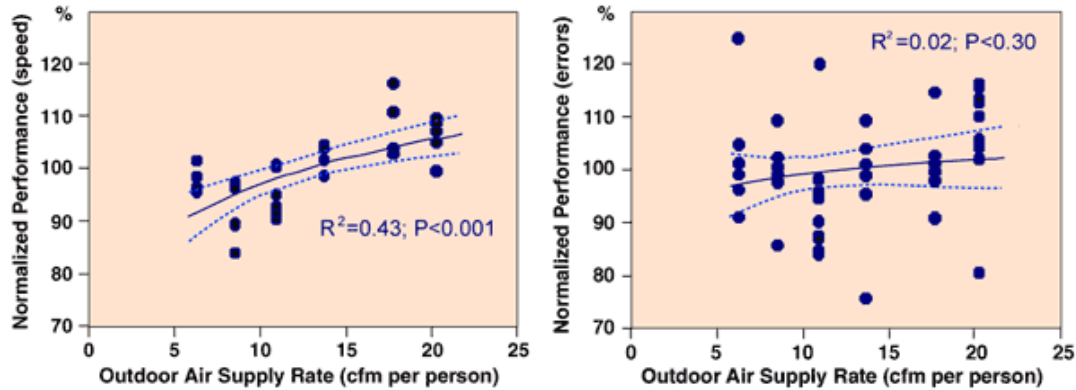


Figura 3 - Desempenho dos estudantes versus taxa de ventilação baseado no estudo Dinamarquês. [Fonte: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009]

Num estudo realizado numa escola de Devon, com alunos de dez e onze anos de idade, em que foram utilizados testes de computador sobre a função cognitiva, ficou demonstrado que o nível dos processos da atenção era significativamente mais lento, quando os níveis de CO<sub>2</sub> nas salas de aula eram mais elevados<sup>65</sup>. Os efeitos foram analisados pelo factor “Poder da atenção”, que representa a intensidade da concentração num momento particular, com respostas mais rápidas, reflectindo níveis mais elevados de atenção concentrada. O aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> levou a uma diminuição do poder da atenção de aproximadamente 5%. Em salas de aula com níveis elevados de CO<sub>2</sub> os estudantes tendem a ser menos atentos e concentrados naquilo que o professor diz, o que com o passar do tempo pode conduzir a efeitos prejudiciais na aprendizagem e sucesso escolar<sup>65</sup>.

Relativamente ao conforto térmico nas salas de aula, existe um estudo experimental do final dos anos sessenta, com seis grupos de alunos, realizados em câmaras termicamente controladas, com temperaturas entre os 17 e os 33 °C, em que as taxas de erro e a rapidez na realização das tarefas escolares foram usadas como indicadores do desempenho. A taxa de erro foi maior com temperaturas de 17 °C e menor, cerca de 20% menos, com 27 °C, no entanto, os alunos trabalharam mais lentamente com uma temperatura de 27 °C e cerca de 10% mais rápido, com 17 °C<sup>66</sup>.

Recentemente, foi estudada a influência de temperaturas elevadas mais moderadas. Num estudo realizado por Wargocki e Wyon<sup>67</sup> em salas de aula com temperaturas manipuladas foram utilizadas tarefas representativas de vários aspectos do trabalho escolar, desde a leitura à matemática. Foram avaliadas a velocidade e precisão no desempenho das tarefas. A velocidade média na realização de oito tarefas aumentou aproximadamente 2% por cada 1 °C de diminuição da temperatura entre os 25 °C e os 20 °C. O número de erros nas tarefas escolares não foi significativamente afectado pelas mudanças de temperatura dentro do intervalo estudado.

No geral, as evidências sugerem que QAI deficientes nas escolas podem influenciar o desempenho, concentração e assiduidade dos estudantes. Além, disso existe literatura científica considerável que liga uma deficiente QAI a efeitos nocivos na saúde de crianças e adultos<sup>39</sup>.

#### 4.1.7 Concentrações máximas de referência

Para uma actuação e protecção eficazes dos indivíduos expostos, é necessário conhecer, as concentrações dos compostos voláteis existentes no ar ambiente interior e compará-las com as concentrações máximas admissíveis.

A Norma Portuguesa NP 1796 (2007) indica as concentrações admissíveis para substâncias tóxicas existentes no ar dos locais de trabalho, indicando os valores limite de exposição (VLE), e definindo os mesmos como *“a concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde”*. Os VLE constituem apenas linhas orientadoras ou recomendações no controlo dos riscos potenciais para a saúde nos locais de trabalho, tendo sempre em atenção que os níveis de contaminação devem ser os mais baixos possíveis. Os VLE não devem ser utilizados como indicadores de toxicidade nem como linha divisória entre situações perigosas e não perigosas<sup>68</sup>.

A Norma Portuguesa (NP) 1796 indica ainda:

- **valor limite de exposição - média ponderada no tempo (VLE - MP)** que é a *“concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde”*.

- **valor limite de exposição - curta duração (VLE - CD)** e define-a como “*uma exposição VLE – MP de 15 minutos que nunca deve ser excedida durante o dia de trabalho, mesmo que a média ponderada seja inferior ao valor limite. Exposições superiores ao VLE-MP e inferiores ao VLE-CD não devem exceder os 15 minutos e não devem ocorrer mais do que 4 vezes por dia. Estas exposições devem ter um espaçamento temporal de pelo menos 60 min.*”
- **valor limite de exposição – concentração máxima (VLE – CM)** é a “*concentração que nunca deve ser excedida durante qualquer período da exposição*”.

Na elaboração da NP 1796 (2007) tomaram-se como base os valores limite propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) na edição de 2006.

Em matéria do ar ambiente no interior dos edifícios o Decreto-Lei Nº 78/2006, de 4 de Abril, define as concentrações máximas admissíveis para algumas substâncias tóxicas (físicas, químicas e biológicas).

O Quadro 1 mostra as concentrações máximas de referência de algumas substâncias tóxicas no interior dos edifícios consoante o seu tipo.

| Tipo            | Parâmetros   | Concentração máxima de referência |                                      |
|-----------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
|                 |  | mg/m <sup>3</sup>                 | ppm                                  |
| Físico-Químicos | Partículas suspensas no ar (PM <sub>10</sub> )               | 0,15                              | -                                    |
|                 | Dióxido de carbono   | 1800                              | 984                                  |
|                 | Monóxido de carbono  | 12,5                              | 10,7                                 |
|                 | Ozono  | 0,2                               | 0,10                                 |
|                 | Formaldeído  | 0,1                               | 0,08                                 |
|                 | Compostos orgânicos voláteis totais (COV <sub>totais</sub> ) | 0,6                               | 0,26 (isobutileno)<br>0,16 (tolueno) |
|                 | Radão  | 400 Bq/m                          |                                      |
| Microbiológicos | Bactérias  | 500 UFC/m <sup>3</sup>            |                                      |
|                 | Fungos   | 500 UFC/m <sup>3</sup>            |                                      |
|                 | Legionella   | 100 UFC/L água                    |                                      |

[Fonte NT-SCE-02, 2009]

Quadro 1 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios

“*Para os poluentes gasosos (CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HCHO), as concentrações máximas de referência (MR) em ppm (partes por milhão) inscritas no Quadro 1 referem-se à*”

temperatura de 20 °C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa). Para valores diferentes de pressão e/ou temperatura, a conversão de unidades de (mg/m<sup>3</sup>) para ppm é feita através de expressões equivalentes, como por exemplo:

$$C(\text{ppm}) = C(\text{mg/m}^3) \times \frac{\mathfrak{R} \times (273,15+t)}{M_{\text{mol}} \times p}$$

Onde:

$\mathfrak{R}$  - Constante universal dos gases perfeitos (8314,5 J/(kmol.K))

t - temperatura (°C)

$M_{\text{mol}}$  - massa molar do composto gasoso (kg/Kmol)

p - pressão (Pa)

(Fonte NT-SCE-02)

Segundo o nº 12 do artigo nº 29 do Decreto-Lei nº 79/2006 os níveis de poluição interiores são considerados particularmente graves se excederem em 50% as concentrações máximas de referência indicadas.

#### 4.1.8 Unidades de medida da qualidade do ar interior - O “olf” e o “decipol”

No ar interior estão presentes centos de compostos químicos embora muitos deles estejam presentes numa concentração tão pequena que podem não ser detectados pelas técnicas de análise química. Nestes casos, como quantificar a qualidade do ar em ambientes fechados? O ser humano percebe o ar como a soma de duas sensações dificilmente diferenciáveis, uma olfactiva e outra química e irritante, que se dão de forma simultânea na presença de muitos compostos químicos<sup>69</sup>.

Assim, em 1988 o professor Ole Fanger criou duas novas unidades, para quantificar como o ar é percebido pelos seres humanos. Introduziu a unidade de medida da intensidade da poluição do ar interior denominada “olf” (do latim *olfactus*), e definiu-o como a poluição que uma pessoa produz nas suas actividades diárias. Além disso, definiu que um móvel, uma mesa de escritório com papéis e utensílios emitem 2 olfs e uma estante média, com livros, plantas e objectos, polui como 3 olfs<sup>70</sup>.

A mensuração da quantidade de “olfs” depende da fonte padrão e da velocidade de fluxo do ar. A fonte padrão é uma pessoa sedentária com 1 met (taxa de metabolismo basal) exposta ao fluxo de ar de 10 l/s, cujo odor é detectado por um grupo de

peças (cheiradores) devidamente treinados. Uma pessoa em actividade emite 6 olfs, um fumador contínuo pode chegar a 25 olfs e um atleta aos 30 olfs<sup>70</sup>.

O decipol “dp” é a medida de percepção do odor e é definida como a percepção de um olf diluído por um fluxo de ar puro de 10 l/s Figura 4.

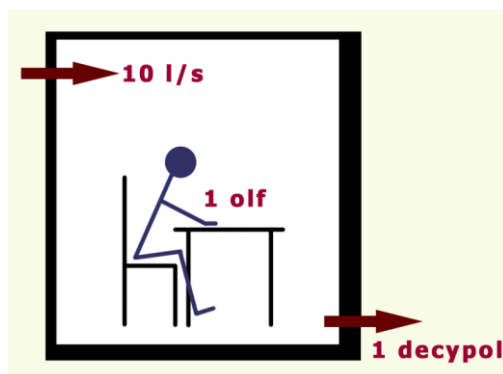


Figura 4 - Representação da definição de decipol.

[Fonte: Wikipédia, 2011]

Contudo, esta metodologia sofre de limitações, uma vez que nem todas as substâncias são percebidas.

O modelo tem sido criticado, alegando-se que usar um painel de pessoas como instrumento de medida induz uma dúvida aleatória nos valores de decipol percebidos. Também as questões: como calibrar as fontes usadas para treinar o painel em termos de decipol? Como avaliar os bons odores? Criaram dúvidas sobre o real valor do modelo<sup>71</sup>.

Além das diferentes percepções individuais existem factores como a humidade e a temperatura que afectam a sensibilidade para os odores e podem aumentar a sua intensidade. Por outro lado é difícil estabelecer generalizações neste campo, até porque os estudos realizados parecem indicar que as mulheres são mais sensíveis aos odores do que os homens<sup>69</sup>.

#### 4.1.9 Medidas de controlo da poluição do ar interior

Reveste-se de primordial importância o controlo da poluição interior, assumindo especial relevo a utilização de todas as estratégias que permitam o controlo dos poluentes. Se a remoção da fonte poluidora parece a solução mais óbvia, nem sempre tal é possível daí a necessidade de recorrer a outras medidas.

A OMS, recomenda as seguintes medidas de controlo com importância na prevenção da SED e das DRE:

1. **Remoção ou substituição da fonte:** remoção das fontes interiores ou substituição por produtos ou materiais menos perigosos. Aplica-se a substâncias orgânicas, como por exemplo ao fumo do tabaco e à proibição de fumar em edifícios públicos, espaços de trabalho, etc. No caso português a Lei 37/2007 contempla a sua proibição.
2. **Modificação da fonte:** redução dos níveis de emissão através de alterações na concepção, nos processos ou na contenção da emissão por meio de barreiras. Aplica-se ao amianto, ao radão e substâncias orgânicas. Por exemplo a utilização de barreiras plásticas para reduzir os níveis de radão.
3. **Ventilação:** diluição do ar interior com a entrada de ar exterior fresco, por meios mecânicos ou naturais, de modo a diminuir a concentração dos poluentes.
4. **Filtração do ar:** purificação do ar interior utilizando filtros.
5. **Alteração comportamental:** redução da exposição humana com recurso à mudança dos padrões de comportamento, através da responsabilidade legal, e pela educação.

Para a EPA o controlo na fonte é a estratégia mais directa e viável. Controlar o poluente na sua fonte é o modo mais eficaz e tal pode conseguir-se pela exaustão de poluentes para a atmosfera, pela filtração localizada ou por uma restrição na introdução de produtos – por exemplo novos produtos de limpeza.

Conforme já foi referido, a remoção ou mitigação da fonte nem sempre é possível, tornando-se a ventilação mecânica ou natural a segunda opção mais eficaz para a manutenção de uma QAI aceitável.

No caso de novas construções, a preocupação com a QAI deve estar presente logo no projecto de construção, quer no que respeita ao padrão arquitectónico quer nos materiais de construção a utilizar, não esquecendo o sistema de ventilação, porque um edifício construído sem estas preocupações dificilmente terá uma boa QAI ou até uma qualidade aceitável. Actualmente, muitos edifícios são construídos atendendo a preocupações ambientais, tais como a QAI, a eficiência energética e a gestão dos resíduos produzidos, são os chamados “edifícios verdes”.

Nos anos 90, surgiu esta tendência arquitectónica sustentável, o designado movimento “Green Building”, visando a criação de uma harmonia entre a obra final, o seu processo de construção e o meio ambiente, atendendo ao impacto do edifício sobre os seus ocupantes e no ambiente. Pretende evitar em cada um dos passos agressões desnecessárias para o ambiente, optimizando processos de construção,

reduzindo os resíduos resultantes, e diminuindo os consumos energéticos do edifício. Tem ainda como objectivo que a construção atinja um nível de conforto térmico e de qualidade do ar adequado, reduzindo assim a necessidade da utilização de sistemas de ventilação ou aquecimento artificiais. Estes edifícios são eco-suficientes, e são também conhecidos como edifícios sustentáveis.

Embora, possa ser mais dispendioso este tipo de construção, evitam-se problemas futuros de difícil resolução e também eles dispendiosos e que além do mais podem afectar negativamente a saúde dos seus ocupantes.

## 5 Objectivos do Projecto de Estudo

São amplamente reconhecidos pela comunidade científica os efeitos adversos de uma pobre QAI na saúde dos indivíduos, com reflexos ao nível da concentração e comprometimento da sua performance, reduzindo a capacidade de desempenho de tarefas mentais específicas que requeiram concentração, cálculo ou memorização. Nas instituições de ensino uma QAI inadequada pode alterar negativamente o ambiente de aprendizagem, diminuindo a produtividade e afectando a saúde de toda a comunidade, isto é, alunos, professores e funcionários<sup>72,73</sup>. Face a estas evidências, elegeram-se como objectivos deste projecto delinear a metodologia a desenvolver para a realização do estudo, os parâmetros a analisar e os instrumentos de recolha de dados a utilizar, sendo os objectivos do estudo os que a seguir se indicam:

### 5.1 Objectivo geral

Avaliar a QAI do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior, localizado em Lisboa, e analisar a influência da QAI na prevalência da sintomatologia percebida pelos seus ocupantes, despistando se os mesmos estão afectados pelo SED.

### 5.2 Objectivos específicos

- i. Avaliação da qualidade do ar do edifício “E”
- ii. Identificar e descrever os diferentes sinais e sintomas percebidos pelos ocupantes e verificar se existe uma relação entre as queixas apresentadas e a QAI;
- iii. Identificar os locais e/ou equipamentos que podem potenciar o desenvolvimento de sintomas de desconforto.
- iv. Indicar eventuais acções correctivas a implementar atendendo aos resultados da avaliação da QAI e dos inquéritos.

### 5.3 Objectivos Operacionais

1. Quais são os resultados da avaliação da QAI do edifício “E”?
2. Quais são os sinais e sintomas referidos pelos ocupantes e será que existe uma relação entre as queixas apresentadas pelos ocupantes e a QAI?

3. Quais são os locais/equipamentos mais críticos?
4. Quais são as medidas correctivas que se podem implementar de modo a favorecer uma melhor QAI e conseqüentemente, uma melhor percepção do ar ambiente por parte dos ocupantes?

## **6 Material e métodos**

### **6.1 Características do Estudo**

#### **6.1.1 Tipo de Estudo**

Para o desenvolvimento deste projecto de investigação optou-se pela realização de um estudo descritivo-correlacional, com paradigma quantitativo e qualitativo, segundo Fortin<sup>74</sup>.

#### **6.1.2 Unidade de Análise**

O estudo vai realizar-se num dos edifícios do estabelecimento de ensino superior “X”, localizado em Lisboa, a avaliação da QAI será efectuada às salas de aulas e outros espaços pertencentes à Área Departamental de Engenharia Química (ADEQ).

A amostra resulta de uma selecção não probabilística por critérios de inclusão da população alvo, obtida por tipicidade e conveniência.

Critérios de inclusão:

População da instituição de ensino superior “X”;

Pessoal docente, não docente e alunos cuja actividade se desenrole no edifício “E”;

Pessoal docente, não docente e alunos da ADEQ.

#### **6.1.3 Variáveis a analisar**

As variáveis dependentes são os parâmetros a avaliar (monóxido de carbono, dióxido de carbono, partículas em suspensão, ventilação, temperatura e humidade).

As variáveis independentes são a volumetria e o número de ocupantes dos espaços.

Com a informação obtida pela aplicação do Questionário, estudaremos as seguintes variáveis: os diferentes sinais e sintomas percebidos pelos ocupantes, a idade, e o sexo.

## 6.2 Procedimentos

Foi realizada uma reunião com o Presidente da ADEQ em que foram explicados os objectivos do projecto, tendo sido obtida autorização para efectuar uma visita preparatória e de reconhecimento ao edifício. Atempadamente, serão enviados pedidos formais de autorização do estudo para o Presidente da instituição de ensino (Apêndice 1 e 2).

Na reunião com o Presidente da ADEQ em que explicámos os objectivos do projecto, foi-nos transmitido que por parte do estabelecimento de ensino este estudo tem bastante interesse dado que os seus resultados podem vir a fundamentar a colocação de um sistema AVAC neste edifício, dado que o mesmo só dispõe de ventilação natural. Esta questão veio a ser fulcral na selecção dos parâmetros a avaliar, conforme se explanará adiante.

Para a concretização do estudo vamos seguir a seguinte metodologia:

- Recolha de toda a informação relevante sobre o edifício, caracterização das suas condições estruturais e de funcionamento.
- Visita ao edifício, e uma primeira avaliação visual das áreas a estudar, pois existem indicadores gerais, como: odores, pó ou partículas, sobre lotação, problemas de humidade, presença de substâncias químicas, que podem ajudar a identificar possíveis fontes de poluentes.
- Identificação das áreas a estudar, taxas de ocupação média dos espaços, tipos de actividades desenvolvidas pelos ocupantes.
- Aplicação de um questionário individual aos ocupantes dos espaços (Anexo 1).
- Avaliação de parâmetros físicos e químicos através de instrumentos de medição.
- Comparar os valores das medições (Apêndice 3) com os valores limite das concentrações estabelecidas.
- Analisar os resultados e compará-los com outros estudos.
- Indicar medidas a implementar para a resolução ou mitigação de eventuais problemas encontrados.

Na

Figura 5 está esquematizada a metodologia a desenvolver para a concretização do projecto.

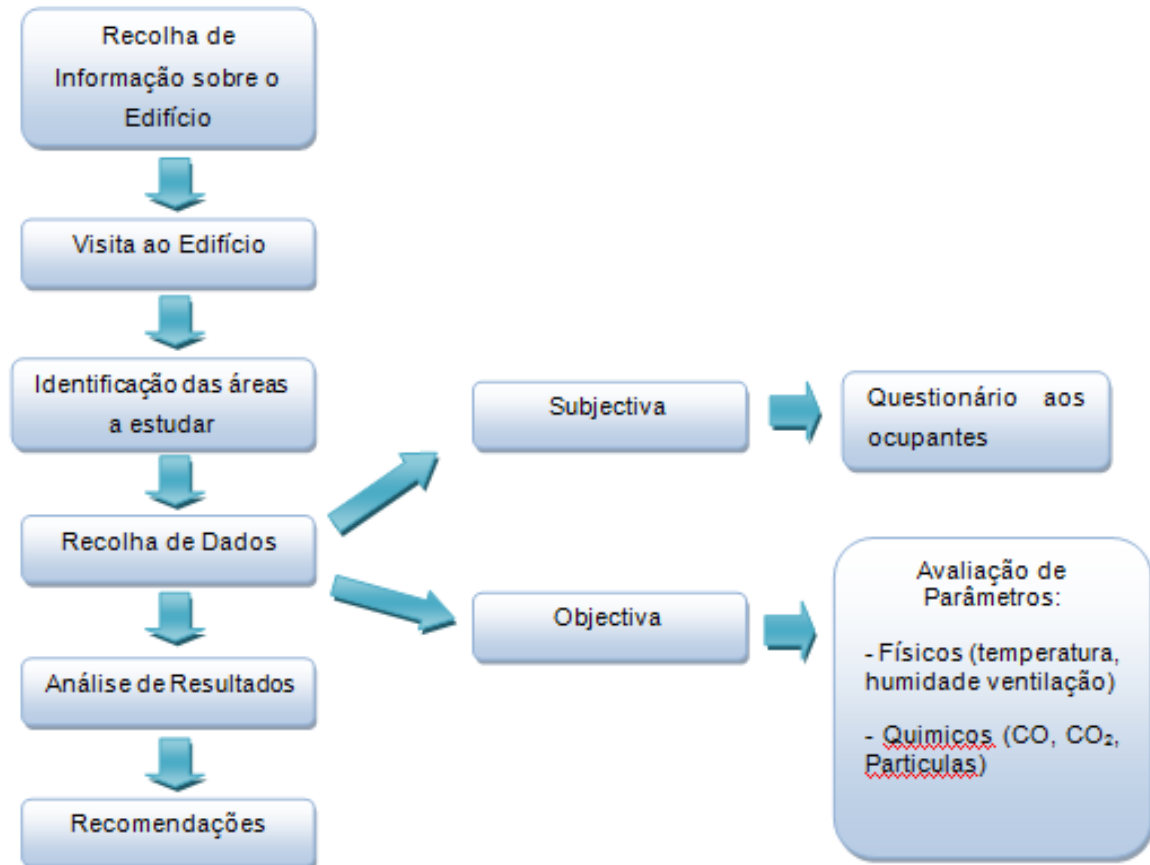


Figura 5 - Metodologia do estudo

### 6.2.1 Instrumentos de Recolha de Dados

Para caracterizar a QAI os locais a monitorizar devem ser escolhidos tendo em conta a taxa e duração de ocupação de cada compartimento, e possíveis queixas que possam existir<sup>75</sup>.

Na visita ao edifício e na avaliação visual das áreas a estudar, refira-se a importância que deve ser dada a alguns indicadores gerais que são de grande ajuda na identificação de possíveis fontes de poluentes, nomeadamente os odores. Na Tabela 3 referem-se alguns odores e os problemas que lhe podem estar associados.

Tabela 3 - Odores e problemas associados nos edifícios

| Descrição                                     | Problema  | Queixas   |
|---|---|---|
| <b>Gases de escape de exaustão (diesel)</b>   | Monóxido de carbono   | Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens  |
| <b>Odores corporais</b>                       | Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono) | Dores de cabeça, cansaço, abafamento  |
| <b>Cheiro a mofo (bafio)</b>                  | Material microbiano   | Sintomas de alergia   |
| <b>Cheiro a químicos</b>                      | Formaldeído, pesticidas, outros químicos  | Irritação dos olhos, nariz e garganta   |
| <b>Cheiro a solventes, perfumes, outros</b>   | COV's   | Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça   |
| <b>Cheiro a cimento molhado, pó, calcário</b> | Partículas, sistema de humedificação  | Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros |
| <b>Odor de gás de esgoto (efluente)</b>       | Sifão de água seco nos drenos do chão de casas de banho e porões                | Cheiro a efluente doméstico   |

[Fonte: APA, 2009]

### 6.2.1.1 Caracterização do edifício

O estabelecimento de ensino encontra-se localizado numa zona residencial e de serviços da cidade de Lisboa, e a rede viária circundante é caracterizada por tráfego intenso.

Edifício construído de raiz em 1976, para funcionar como estabelecimento de ensino. O edifício objecto de estudo está implantado na parte Norte do Campus, é constituído por três pisos, rés-do-chão, 1º e 2º andar. Edifício de forma quadrangular com pátio interno exterior no centro, com corredores externos virados para o pátio.

Edifício em tijolo, cimento e armaduras de aço carbono. O revestimento de paredes e tectos é em estuque, pintados com tinta plástica. Os soalhos são revestidos com tacos de madeira. No exterior do corredor usaram-se ladrilhos cerâmicos. As telhas são cerâmicas.

O edifício só teve intervenções pontuais nunca remodelações de fundo. Edifício com ventilação natural. Todas as salas têm janelas que podem abrir para o exterior. Fazem parte do edifício: salas de aula, laboratórios, gabinetes de docentes, salas de apoio. Dada a forma do edifício, existem salas orientadas a norte, sul, este e oeste.

As salas de aula têm lotações que variam entre os 27 e 60 lugares. O auditório tem uma lotação de 70 lugares.

#### **6.2.1.2 Avaliação do estado de manutenção/limpeza dos locais;**

A manutenção e limpeza dos locais são dois factores relevantes porque influenciam a QAI. Locais deteriorados, como paredes e tectos com fissuras e rachas potenciam as infiltrações e são fontes de humidade e bolores. Janelas e portas que não vedam convenientemente, permitem a passagem do ar exterior, afectando negativamente o conforto térmico dos ocupantes.

A periodicidade, o momento em que é efectuada a limpeza dos espaços bem como o processo e os produtos utilizados são indicadores importantes. Nos casos, em que os espaços são limpos antes do início das aulas, nas primeiras horas de funcionamento a concentração de substâncias libertadas pelos produtos de limpeza são mais elevadas, dado que a sua dispersão se vai verificando ao longo do dia, o que pode contribuir para a percepção de desconforto pelos ocupantes.

#### **6.2.1.3 Caracterização dos ocupantes**

Naturalmente, que o maior número de ocupantes são alunos, cerca de 475, seguem-se os professores 53 e por fim o pessoal não docente 6.

Do total de alunos 450 são alunos da licenciatura e 25 do mestrado. Cerca de 70% dos alunos são do sexo feminino e só 30% do masculino. Em termos de idade, o mais novo tem 17 anos e o mais velho 55 anos.

De referir que o estabelecimento funciona de manhã, tarde e noite, devido à existência de horários nocturnos, sendo mais elevada a taxa de ocupação durante o dia, dado o maior número de turmas e consequentemente alunos presentes. No horário nocturno, estão inscritos apenas 45 alunos.

#### **6.2.1.4 Questionário individual**

Para a análise da sintomatologia percebida pelos ocupantes foi elaborado um questionário individual (Anexo 1) baseado no Inquérito desenvolvido pela Unidade de Saúde Pública de Braga (2005), disponível no Portal de Saúde Pública, que será aplicado a uma amostra da população que, tanto quanto possível, tentar-se-á que seja

de cerca de 100%. Este questionário incide, principalmente, na identificação de sintomas percebidos pelos ocupantes e no padrão temporal e espacial dos mesmos.

### **6.3 Avaliação da Qualidade do Ar Interior**

A avaliação da qualidade do ar será efectuada através de medição das concentrações dos poluentes monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), partículas em suspensão no ar e dos valores da temperatura, humidade relativa, e ventilação, atendendo a factores como a volumetria dos espaços, e o número de ocupantes.

A quantificação dos parâmetros ambientais será feita através de medição directa tendo por base as recomendações da Nota Técnica NT-SCE-02<sup>76</sup> e do Guia Técnico de Qualidade do Ar em Espaços Interiores, da Agência Portuguesa do Ambiente.

Algumas salas encontram-se ocupadas cerca de 15 horas, das 08.00 às 23.00 horas. Relativamente à colocação dos equipamentos de recolha dos dados, deverão ser observados os seguintes critérios<sup>33</sup>:

- A amostragem deverá ser conduzida num local que represente as actividades ocupacionais;
- Os pontos de medida devem ser seleccionados de modo a minimizar o impacto nas actividades;
- Os pontos de medida nos locais interiores, devem ser colocados a uma altura de  $1,5 \pm 0,5$  m acima do chão;
- Todas as medições devem ser feitas ao nível das vias respiratórias e próximo do centro da zona;
- Os pontos devem estar a pelo menos 0,5 m dos cantos, janelas, paredes ou divisórias;
- As localizações dos pontos não devem estar a menos de 1m das fontes de contaminação, tais como fotocopiadoras, impressoras ou fumo de cigarros, etc.;
- As localizações não devem estar directamente por baixo ou em frente de difusores de abastecimento de ar, unidades de difusão, ventoinhas, ou aquecedores (pessoais)

A amostragem deve ser realizada de modo a avaliar as piores condições pois estes resultados podem contribuir para a melhor caracterização da exposição dos ocupantes.

Quanto ao momento das medições dos poluentes, devem as mesmas ser realizadas no período representativo de ocupação, decorridas duas a três horas após o início do funcionamento dos espaços<sup>76</sup>. Por período representativo da ocupação entende-se o período normal de funcionamento, de preferência, com a máxima ocupação. A verificação dos poluentes gerados pelos ocupantes como o dióxido de carbono ou os resultantes do funcionamento de certos equipamentos, devem ser verificados durante o período do dia em que as salas têm uma maior ocupação ou no final do dia, quando as concentrações, em princípio, serão mais elevadas. Relativamente ao tempo de medição, para cada registo de leitura, é recomendado um período mínimo de 5 minutos para sistemas de medição portáteis de leitura em tempo real dos parâmetros poluentes.

Todos os equipamentos de medição, necessitam estar calibrados há menos de 12 meses, e usar padrões com concentrações conhecidas da substância que se pretende quantificar, e também uma concentração de zero.

Nos locais seleccionados serão avaliados em tempo real os poluentes, CO, CO<sub>2</sub>, partículas e os parâmetros temperatura do ar, humidade relativa e ventilação.

A medição das concentrações dos poluentes no ar exterior deve ser feita num ponto representativo, num local próximo da entrada de ar exterior (ar novo).

### **6.3.1 Espaços a avaliar**

Os espaços a avaliar incluem oito salas de aula, quatro no rés-do-chão, e quatro no 1º andar com diferentes orientações; quatro laboratórios também com diferentes orientações, todos situados no último andar; e três gabinetes de trabalho, situados um por piso, e cujos ocupantes pertençam à ADEQ.

### **6.3.2 Parâmetros a avaliar**

Dos parâmetros químicos serão objecto do estudo – o CO, CO<sub>2</sub>, e partículas – porque, conforme já se referiu, no edifício não existe um sistema AVAC, o que pode dar origem a uma deficiente ventilação, sendo estes os parâmetros químicos mais afectados pelo que se justifica a sua análise. Não se considerou, nesta fase, pertinente a análise do formaldeído e COV's porque o edifício já é antigo e não sofreu remodelações recentes, em que tenham sido utilizados materiais como colas, vernizes, tintas ou outros que sejam responsáveis pela libertação dos mesmos. O ozono também não será analisado

porque neste edifício não existem uma ou mais salas com grandes quantidades de impressoras, computadores e fotocopiadoras, que originem concentrações elevadas. Quanto aos parâmetros físicos, serão analisadas a temperatura, humidade relativa e ventilação, dado que estes são factores que afectam fortemente o conforto térmico e consequentemente a percepção que os indivíduos têm do mesmo.

No que concerne aos parâmetros biológicos - fungos e bactérias - nesta fase, não serão analisados, não só, porque tal exigiria outros meios humanos nas diferentes etapas (recolha, contabilização das colónias, cálculo das unidades formadoras de colónias e identificação dos fungos e bactérias), mas também a necessidade de outros equipamentos e, ainda o período para o estudo teria de ser mais longo devido ao tempo necessário para incubação das amostras. Por outro lado, na visita prévia ao edifício, não visualizámos sinais de humidade nem odores a mofo, indicadores por si só da presença de fungos. Como refere o Guia Técnico da APA, a matéria microbiana tem como principais fontes a água estagnada em sistemas AVAC e desumidificadores, que conforme já se referiu não existem no edifício "E". De referir, que no caso das bactérias, as mesmas são responsáveis, na sua maioria, por casos de DRE e não de SED, como acontece com a *legionella*.

Num estudo realizado pelo Serviço de Higiene e Epidemiologia da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Faculdade de Ciências e Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade do Porto, para avaliar a associação entre a qualidade do ar interior em escolas da cidade do Porto e a prevalência de patologia alérgica e respiratória em adolescentes, foram avaliados a temperatura, humidade relativa, CO<sub>2</sub> e COV's<sup>77</sup>, não tendo sido avaliados fungos e bactérias. Num outro estudo, sobre a qualidade do ar nas salas de aula do Instituto Politécnico de Coimbra, foram avaliados os parâmetros: CO, CO<sub>2</sub>, humidade relativa e temperatura<sup>78</sup>.

Segundo Bayer, os três problemas mais importantes de QAI em escolas são os seguintes: 1) As trocas de ar com o exterior são insuficientes; 2) valores inadequados da humidade relativa do ar e 3) as instalações não estarem equipadas com filtros eficientes<sup>79</sup>.

### 6.3.2.1 Monóxido de carbono

O CO é um gás incolor, inodoro e extremamente tóxico, resultante de uma deficiente combustão. É produzido pela combustão incompleta de combustíveis como o petróleo, carvão, madeira, gás, etc.. A presença de CO no interior dos edifícios pode verificar-se

devido à contaminação exterior, por exemplo devido ao tráfego em áreas urbanas, ou devido a fontes de combustão no espaço interior. Nas grandes cidades, nas chamadas horas de ponta em que a densidade do tráfego é muito elevada, verificam-se elevadas concentrações de CO, especialmente junto aos grandes eixos viários e cruzamentos, constituindo as entradas localizadas ao nível do piso da rua dos edifícios próximos e circundantes, uma via de entrada e circulação deste poluente no interior dos espaços. Os parques de estacionamento e garagens subterrâneas dos edifícios são locais em que a concentração de CO atinge facilmente valores muito elevados, acima dos 115 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm), e que se dispersam por outros locais dos edifícios através de escadas, vias de comunicação e através dos sistemas de ventilação de ar. Em habitações com aparelhos a gás, o pico de concentração de CO pode situar-se na ordem dos 60-115 mg/m<sup>3</sup> (53-100 ppm). Já o fumo de tabaco em residências, escritórios, veículos e restaurantes pode elevar a concentração média de 8 horas de CO para 23-46 mg/m<sup>3</sup> (20-40 ppm)<sup>22</sup>.

Estudos recentes revelaram que uma fonte importante de CO, em ambientes interiores, é a queima de incenso, tão em voga actualmente. Num estudo, realizado por Jetter e colaboradores em 2002, com 23 tipos de incenso, tais como, cordas de incenso, paus, pedras e pó, tipicamente usadas em ambientes interiores foram medidas taxas de emissão de CO entre 144-531 mg/h. Estimando os autores um pico de concentração de 9.6 mg/m<sup>3</sup> causado pela queima de incenso<sup>80</sup>.

O ASHRAE Standard 62-1989, indica que o valor limite de exposição, média de 8 horas, não deve exceder os 9 ppm, para o CO. Valores acima dos 5 ppm indicam a presença de poluentes de combustão.

O Decreto-lei nº 79/2006 de 4 de Abril, indica como concentração máxima de referência para o CO o valor de 12,5 mg/m<sup>3</sup> (10,7 ppm).

A OMS nas suas *Guidelines* indica concentrações máximas consoante o tempo de exposição: 15 minutos – 100 mg/m<sup>3</sup>; 1 hora – 35 mg/m<sup>3</sup>; 8 horas – 10 mg/m<sup>3</sup> e para 24 horas - 7 mg/m<sup>3</sup>.

O CO devido às suas características pode levar à asfixia das pessoas expostas, são frequentes os casos de morte devido à inalação dos gases libertados por braseiras utilizadas para aquecimento, isto porque os sintomas próprios da intoxicação inibem a capacidade de procurar ajuda ou actuar. Daí, que o CO seja apelidado de “assassino silencioso”.

Os sintomas mais comuns de intoxicação por CO são as náuseas, dor de cabeça, debilidade, confusão, vómitos, podendo em casos mais extremos causar desmaio e

até mesmo a morte. Os órgãos e os tecidos com maiores necessidades de O<sub>2</sub>, são os primeiros a ser afectados, como é o caso do coração, cérebro e músculos. Depois de atingir os pulmões o CO inalado, difunde-se rapidamente através dos alvéolos e membranas capilares. Cerca de 80 a 90% do CO absorvido liga-se com a hemoglobina causando uma redução na capacidade de transporte de oxigénio pelo sangue<sup>81</sup>. A capacidade de fixação de oxigénio pelo sangue é altamente reduzida em presença do CO, isto porque o CO tem uma afinidade 200 a 250 vezes maior para hemoglobina do que o oxigénio, originando a Carboxi-hemoglobina (HbCO) o que leva a uma diminuição da oxigenação dos órgãos internos, revestindo-se de especial perigosidade para os indivíduos com doenças cardiovasculares.

Tabela 4 - Relação entre a exposição ao CO e os níveis de HbCO no sangue

| CO (ppm) no ar | Tempo de exposição (minutos) | Concentração de HbCo(%) | Sintomas                        |
|----------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 50             | 150                          | 7                       | Dor de cabeça                   |
| 100            | 120                          | 12                      | Dor de cabeça moderada, tontura |
| 250            | 120                          | 25                      | Dor de cabeça severa, tontura   |
| 500            | 90                           | 45                      | Náuseas vómitos, desmaio        |
| 800-1000       | 60                           | 60                      | Coma                            |
| 2000           | 5                            | 80                      | Morte                           |

[Fonte: The INDEX Project, 2005]

#### 6.3.2.1.1 Método e equipamento de medição do monóxido de carbono

As medições devem ser feitas próximo das fontes, nas áreas onde são reportadas queixas, e em escadas e elevadores que comuniquem com as fontes. As medições podem ser feitas com recurso a diferentes instrumentos: amostrador, analisador de medição em contínuo ou um aparelho de leitura directa.

O método de referência para medição do CO indicado na Nota Técnica-SCE-02 é o método de detecção por espectroscopia não dispersiva de infravermelho (NDIR), em que é utilizado um sensor de absorção de infravermelhos de feixe duplo. Este método, é também indicado para a medição de CO<sub>2</sub>. A NT-SCE-02 indica, nas características técnicas do equipamento para medição do CO, que o erro máximo admissível é de ± 10% da concentração máxima de referência, e a resolução deverá ser 0,1 ppm.

Existem equipamentos no mercado que permitem a avaliação de diversos parâmetros como: o CO, CO<sub>2</sub>, temperatura do ar e humidade relativa, com capacidade para

armazenar resultados de diferentes medições e o seu software permite, facilmente, a transmissão dos dados armazenados para um computador, como por exemplo o equipamento IAQ-Calc TSI, Modelo 8762-M-EU. Será uma boa opção o recurso a um destes instrumentos que permite a avaliação de diversos parâmetros.

### 6.3.2.2 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro, é um dos constituintes da atmosfera (330-350 ppm). Em ambientes interiores é gerado, principalmente, através do metabolismo humano, sendo exalado a uma taxa de cerca de 0,3 L/min pelas pessoas quando executam tarefas leves. Em ambientes interiores os níveis de CO<sub>2</sub> podem exceder os 3000 ppm em áreas sem ventilação adequada quando se utilizam vários equipamentos de queima ou quando estão presentes muitos seres vivos. Em salas de aula com inadequada ventilação, os níveis podem exceder os 3000 ppm devido simplesmente ao metabolismo humano. Concentrações elevadas deste gás estão, geralmente, associadas quer ao aumento da prevalência de sintomas adversos na saúde, entre os quais dores de cabeça, náuseas, vertigens e sintomas de fadiga, quer ao absentismo em ambientes internos não industriais, inclusive escolas. Em 2000, Apte e Fisk indicaram uma forte correlação entre os níveis elevados de CO<sub>2</sub> no ar interior e a prevalência de sintomas de SED entre os ocupantes de um edifício<sup>78</sup>. A concentração do dióxido de carbono no interior dos edifícios pode, sob determinadas circunstâncias, dar uma boa indicação da taxa de ventilação<sup>33</sup>.

Nos espaços interiores, as concentrações de dióxido de carbono tendem a aumentar ao longo do dia, variando de acordo com o local, ocorrência e hora do dia. Os níveis típicos encontrados num espaço em avaliação variam entre os 600 e 800 ppm. A ASHRAE Standard 62 (2004), recomenda uma taxa mínima de ventilação de 10 L/s por pessoa para assegurar uma boa QAI no local de trabalho. Segundo a APA, para ocupações e actividades normais, esta taxa mínima de ventilação iria resultar numa concentração de dióxido de carbono de 850 ppm em condições de estado estacionário no espaço ocupado<sup>33</sup>.

De acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 a concentração máxima de referência de dióxido de carbono é de 1800 mg/m<sup>3</sup> (984 ppm).

As concentrações de dióxido de carbono nos espaços interiores aumentam quando se verificam elevadas taxas de ocupação e actividades físicas mais intensas nesses espaços. A ocupação humana influencia as concentrações de CO<sub>2</sub> no ar interior<sup>82</sup>.

O dióxido de carbono tem uma reduzida toxicidade nas concentrações em que geralmente se encontra presente nos ambientes interiores.

#### **6.3.2.2.1 Método e equipamento de medição do dióxido de carbono**

Nos espaços interiores, os níveis de CO<sub>2</sub> são em regra, elevados ao final da manhã e no final da tarde, variando conforme a taxa de ocupação durante o dia. As medições devem ser realizadas nos locais onde a avaliação inicial identificou níveis de ocupação elevados, no caso do presente projecto, nas salas de aulas, e noutros locais onde se registem queixas associadas a uma deficiente qualidade do ar. A concentração de dióxido de carbono medido na exaustão reflecte o teor médio dos níveis de CO<sub>2</sub> do edifício.

O método de referência para medição do CO<sub>2</sub> indicado na Nota Técnica-SCE-02 é o mesmo que o utilizado para o CO, isto é, o método de detecção por espectroscopia não dispersiva de infravermelho (NDIR). Quanto às características técnicas do equipamento para medição do CO<sub>2</sub> o erro máximo admissível é de  $\pm 10\%$  da concentração máxima de referência, e a resolução deverá ser 1 ppm.

Com equipamentos de leitura directa portáteis, o operador deve estar afastado do amostrador/analizador, para prevenir a contaminação do ar amostrado com o dióxido de carbono da sua própria respiração, conforme recomendação da APA.

O equipamento a utilizar para a medição do CO<sub>2</sub> poderá ser o mesmo que foi referido para o monóxido de carbono.

#### **6.3.2.3 Partículas**

As partículas ou aerossóis, são definidos como a matéria sólida ou líquida em suspensão no ar, com um diâmetro aerodinâmico entre 0,05 e 100  $\mu\text{m}$  (PM<sub>x</sub>). A matéria particulada sólida é constituída por poeiras, fumo, organismos como vírus, grãos de pólen, bactérias e esporos de fungos; ao passo que as substâncias no estado de vapor, constituem as partículas líquidas (gotículas).

As partículas presentes em ambientes interiores, são geralmente, provenientes de fontes interiores e exteriores, as provenientes de fontes exteriores entram nos edifícios por infiltração natural e pelas entradas de ar exterior. Os ocupantes são emissores de material particulado, não só pela agitação do ar que provocam como pela libertação de pequenas partículas do seu vestuário e ainda pela descamação da sua própria pele.

A inalação é a forma mais comum de entrada de partículas no organismo. Os efeitos das poeiras inaladas dependem das espécies químicas que as compõem, da sua concentração, do local de deposição no sistema respiratório e do tempo de exposição do indivíduo a essas poeiras. O tamanho da partícula inalada é o factor que determina o local de deposição no organismo e o potencial risco da exposição, dado que nem todas as partículas conseguem penetrar no sistema respiratório e daquelas que entram nem todas chegam aos pulmões<sup>83</sup>.

A gama de tamanhos das partículas ou aerossóis preocupantes para a saúde humana está compreendida entre 0,1 e 10  $\mu\text{m}$ . São as partículas pequenas que chegam à região torácica, as responsáveis pela grande parte dos efeitos adversos na saúde, pelo que foram desenvolvidas normas para estas partículas de tamanho  $\leq 10 \mu\text{m}$ , genericamente conhecidas por  $\text{PM}_{10}$ .

Vários estudos realizados nos últimos 20 anos concluíram que partículas maiores que 100  $\mu\text{m}$  têm pequena probabilidade de penetração no sistema respiratório.

“Para uma melhor compreensão das fracções estabelecidas por convenção, o tracto respiratório foi dividido como mostra Tabela 5, em regiões consideradas bases anatómicas para identificação das fracções das partículas relevantes”<sup>83</sup>.

Tabela 5 - Divisão do Tracto respiratório em bases anatómicas de referência segundo o mecanismo de deposição das partículas

| Região                          | Estruturas anatómicas  | Localização         | Doenças relacionadas   |
|---------------------------------|--|---------------------|--|
| <b>Vias aéreas superiores</b>   | Nariz<br>Boca<br>Nasofaringe<br>Orofaringe<br>Laringofaringe<br>Laringe        | Extra torácica      | Irritação do septo nasal, faringe e laringe<br>Cancro da faringe e laringe |
| <b>Região Traqueobronquial</b>  | Traqueia<br>Brônquios<br>Bronquíolos terminais                                 | Torácica (pulmonar) | Bronco constrição<br>Bronquite crónica<br>Cancro bronquial                 |
| <b>Região de Troca de Gases</b> | Bronquíolos respiratórios<br>Ductos alveolares<br>Sacos alveolares<br>Alvéolos | Alveolar            | Pneumoconioses<br>Enfisema<br>Alveolite<br>Cancro pulmonar                 |

(Fonte: Santos, 2001)

Nos anos 90 iniciou-se um processo de harmonização internacional das definições quantitativas da massa particulada capaz de penetrar em cada uma das regiões

referidas na Tabela 5. A adopção de um padrão único para a amostragem por tamanho da partícula facilita a avaliação do risco da inalação de partículas, em especial nos ambientes laborais.

A Organização de Normas Internacionais (ISO) e o Comité Europeu de Normalização (CEN) definiram convenções de amostragem cumulativas onde o particulado inalável é visto como uma fracção de todo o aerodispersóide presente no local de trabalho, e os particulados torácico e respirável são sub-fracções da fracção inalável (EN 481, ISO 7708).

A Figura 6 representa as regiões do tracto respiratório e a sua correspondência com as fracções inalável, torácica e respirável.

- Fracção inalável - a fracção de particulado inalável é constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que  $100\ \mu\text{m}$ , capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no tracto respiratório durante a inalação.
- Fracção torácica - é o conjunto de partículas que atravessam a laringe, que alcançam e podem ficar retidas nas vias aéreas dos pulmões e na região de troca de ar dos pulmões, de diâmetro aerodinâmico menor que  $25\ \mu\text{m}$ .
- Fracção respirável - é o subconjunto de partículas torácicas que são mais susceptíveis de alcançar e ficar retidas na região de troca de ar dos pulmões. A fracção respirável é constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que  $10\ \mu\text{m}$ .

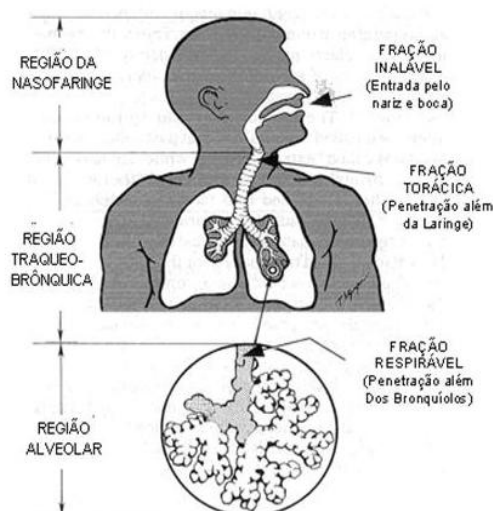


Figura 6 – Representação esquemática das principais regiões do tracto respiratório e sua correspondência com as fracções inalável, torácica e respirável

(Fonte: Santos 2001)

Recentemente, as PM inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$  são designadas de partículas *quasi-ultrafinas* ( $\text{PM}_{0,25}$ ) e as partículas inferiores a esta dimensão são designadas de ultrafinas ( $\text{PM}_{0,1}$ )<sup>84</sup>.

Em edifícios de serviços a concentração média de partículas encontradas em ambientes de não fumadores é de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e nas áreas de fumadores pode ir dos 30 aos  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>33</sup>.

A nossa legislação aponta como concentração máxima de referência para as partículas  $\text{PM}_{10}$  o valor de  $0,15\text{mg}/\text{m}^3$ .

#### 6.3.2.3.1 Método e equipamento de medição de Partículas

O método de referência para medição da concentração de partículas em ambientes interiores indicado na Nota Técnica-SCE-02 é o método gravimétrico com cabeça de amostragem selectiva  $\text{PM}_{10}$ . No estudo, utilizaremos o método equivalente de dispersão óptica a laser, também indicado na Nota Técnica. O método da dispersão óptica consiste na amostragem de ar através de uma entrada seleccionada para uma célula óptica, resultando a presença de partículas na dispersão de luz, estando a quantidade de luz dispersa relacionada com o número de partículas. Podem-se medir níveis de 0,001 a  $200\text{mg}/\text{m}^3$ , dependendo do princípio de funcionamento do sistema de medição e do período de amostragem. As medições estão indirectamente relacionadas com as concentrações em massa, usando-se um factor para converter o número de partículas em peso<sup>33</sup>.

Quanto às características técnicas do equipamento o erro máximo admissível é de  $\pm 10\%$  da concentração máxima de referência, e a resolução deverá ser  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 6.3.2.4 Temperatura e humidade relativa

A temperatura e a humidade relativa são dois dos parâmetros que afectam o conforto térmico, sendo a sua avaliação deveras importante.

O grau de satisfação com o ambiente térmico pode ser influenciado por factores como, a temperatura devido à radiação, velocidade do ar, actividade do ocupante e o vestuário<sup>33</sup>.

Quando existe a percepção psicológica desse equilíbrio, pode-se falar de conforto térmico.

O homem para sobreviver necessita de manter a temperatura interna do corpo dentro de limites muito estreitos, atendendo à sua condição homeotérmica, o que obriga a uma procura constante de equilíbrio térmico entre si e o meio envolvente.

Num ambiente quente o organismo reage essencialmente através de sobrecargas fisiológicas (termostática, circulatória e sudação). Algumas das reacções do organismo ao frio são de tipo térmico (por exemplo, as funções cutâneas diminuem para reduzir a diferença entre a temperatura da pele e do ambiente), tipo circulatório (por exemplo, regista-se uma diminuição da frequência cardíaca do fluxo sanguíneo) e do tipo metabólico (por exemplo, o organismo aumenta o metabolismo para compensar as perdas de energia em forma de calor). Qualquer alteração da temperatura de ambientes interiores acarreta um dispêndio adicional de esforço biológico do indivíduo aumentando a sensação de fadiga e desconforto com consequências negativas para a saúde e desempenho dos ocupantes dos edifícios.

Quando as temperaturas se encontram fora da zona de conforto, tendem a ser afectadas as habilidades dos indivíduos, na realização de tarefas que exigem concentração mental.

No que concerne à humidade relativa, se os valores forem inferiores a 25%, aumenta o desconforto e a secagem das membranas mucosas e da pele, podendo estas, conduzir à formação de gretas e irritação. Por outro lado, níveis elevados de humidade relativa podem originar condensação nas superfícies interiores do edifício e exteriores com o conseqüente desenvolvimento de fungos.

A ASHRAE Standard 55-2004, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, apresenta normas que pretendem alcançar condições térmicas que pelo menos 80% dos ocupantes achariam aceitáveis ou confortáveis.

O conforto térmico além de ser um conceito subjectivo difere substancialmente de continente para continente, de país para país e até mesmo de zona para zona, devido às características dos respectivos climas. Numa zona de temperaturas atmosféricas elevadas, os seus habitantes acham mais confortáveis temperaturas elevadas e desagradáveis temperaturas mais baixas, passando-se o contrário em zonas com temperaturas baixas. A sensação humana de conforto térmico não é absoluta, mas sim adaptativa, ou seja as pessoas possuem a capacidade de se adaptarem de forma a restaurar o conforto térmico.

A Norma ISO 7730 considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais de 10% dos seus ocupantes se sintam desconfortáveis.

Em Portugal e de acordo com a legislação em vigor, isto é, o Decreto-lei Nº 80/2006 de 4 de Abril, as condições ambiente de conforto em edifícios habitacionais são uma temperatura de 20°C para a estação de aquecimento, e de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento.

#### **6.3.2.4.1 Método e equipamento de medição da temperatura e humidade relativa**

Existem vários métodos para a medição da temperatura e humidade relativa do ar, desde o termómetro para a temperatura e o termómetro de bolbo seco e húmido (psicrómetro) para a humidade, a instrumentos electrónicos sofisticados equipados com sensores de estado sólido<sup>33</sup>.

Os higrómetros são instrumentos electrónicos compactos com um ecrã digital para medições da humidade relativa. Alguns destes equipamentos também medem a temperatura e velocidade do ar.

Nas medições da temperatura e humidade relativa, devem evitar-se locais de amostragem perto de máquinas ou aquecidos directamente pelo sol ou por outras fontes de radiação.

#### **6.3.2.5 Ventilação**

A ventilação é um processo de renovação do ar vindo do exterior para o interior de um edifício sendo um factor importante na diluição de odores e limitação da concentração de CO<sub>2</sub> e outros poluentes do ar interior, como poeiras, fumos e compostos orgânicos voláteis. A ventilação pode ser feita recorrendo a estratégias naturais de circulação do ar através da abertura de portas e janelas ou recorrendo a sistemas mecânicos que também podem fornecer calor e desumidificar o espaço.

A ventilação é um dos principais factores que influenciam a QAI, por ser uma das principais ferramentas no controlo dessa mesma qualidade. A ventilação combina os processos de fornecimento de ar exterior com o de renovação do ar interior carregado de poluentes. Uma ventilação deficiente influencia o controlo da humidade e da prevenção da condensação afectando negativamente a saúde. Por outro lado os sistemas de ventilação podem constituir eles mesmo, uma fonte de risco para a saúde, como por exemplo no caso do crescimento de microorganismos e emissões de compostos orgânicos voláteis devido à acumulação de partículas. ASHRAE definiu

taxa de ventilação como uma taxa suficiente para assegurar uma QAI aceitável, sendo normalmente traduzida em caudal volúmico de ar ou caudal volúmico de ventilação,  $Q$ , expresso em  $\text{l.s}^{-1}$  ou  $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ . Na quantificação da taxa de ventilação de espaços interiores também se utiliza o indicador, taxa de renovação horária  $R_{ph}$ , (“*Air Change Rate*” – ACR), que corresponde ao número de vezes que o ar de um espaço é renovado em cada hora.

O número de renovações horárias pode ser determinado pela seguinte equação:

$$R_{ph} = \frac{Q}{V}$$

Onde:

$R_{ph}$  – número de renovações horárias [ $\text{h}^{-1}$ ]

$Q$  – caudal volúmico de ventilação [ $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ ]

$V$  – volume efectivo do espaço [ $\text{m}^3$ ]

Em média 4 renovações de ar por hora num espaço, fornecem uma circulação de ar adequada, bem como uma dispersão contínua dos poluentes<sup>33</sup>. A ASHRAE recomenda que a circulação média de ar de uma zona ocupada, no período de inverno, não deve exceder 0,15m/s, e no verão não deve exceder 0,25m/s.

No Decreto-lei 79/2006, anexo VI são especificados os caudais mínimos de ar novo a usar de acordo com a tipologia dos espaços. No caso das escolas são indicados diferentes caudais mínimos de ar novo, consoante os locais, conforme o Quadro 2.

| Local         | Caudal mínimo de ar novo<br>( $\text{m}^3/\text{h.ocupante}$ ) |
|---------------|--|
| Salas de aula | 30   |
| Laboratórios  | 35   |
| Auditórios    | 30   |
| Bibliotecas   | 30   |
| Bares         | 35   |

[Fonte DL 79/2006]

Quadro 2 - Caudais mínimos de ar novo nas escolas

A velocidade do ar recomendada é baixa, ou seja,  $< 0,20$  m/s, porque quando a velocidade do ar é elevada torna-se num factor de desconforto.

### 6.3.2.5.1 Método e equipamento de medição da Ventilação

A taxa de ventilação é geralmente medida quer nas condutas de ventilação, onde o movimento é relativamente rápido, quer nos espaços em avaliação, onde se deve manter a uma velocidade baixa ( $< 0,20$  m/s).

Os métodos de medição e monitorização da taxa de ventilação referidos na Nota Técnica da APA, incluem:

- a. Tubos de fumo - método muito útil na medição qualitativa do fluxo de ar e da direcção ajudam a seguir o movimento dos poluentes e identificar gradientes de pressão. São fáceis de utilizar e frequentemente utilizados durante uma auditoria, ajudando a identificar a circulação de ar dentro do espaço em avaliação, a dispersão do fumo sugere uma boa circulação, ao passo que, se o fumo permanecer parado, indica má circulação
- b. Anemómetros térmicos – dão uma leitura directa da velocidade do ar. O fluxo de ar faz arrefecer o sensor (um condutor eléctrico aquecido), que é proporcional à velocidade do ar.
- c. Traçadores químicos – este método consiste na injeção de uma determinada quantidade de um gás com propriedades específicas no interior do compartimento em estudo. As técnicas do “gás traçador” permitem determinar as taxas de ventilação bem como os padrões de circulação do ar. São uma ferramenta versátil para a determinação dos caudais de ar em sistemas de ventilação de edifícios, gabinetes, etc. O gás traçador mais utilizado é o hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ), no entanto, o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) também é amplamente usado como gás traçador na avaliação da ventilação de espaços caracterizados por períodos de permanência prolongada dos ocupantes, como: escritórios, escolas, hospitais. Este método apresenta diferentes técnicas para determinar a taxa de ventilação, sendo a mais simples conhecida como a técnica do “Decaimento da concentração”, que consiste na injeção do gás traçador no espaço a estudar, e uma vez atingida uma concentração uniforme, é medido o decaimento da concentração ao longo do tempo.

Neste projecto, e porque o edifício dispõe apenas de ventilação natural, as medições da velocidade do ar serão efectuadas nas salas utilizando um termoanemómetro.

## **6.4 Tratamento dos dados**

Na análise e interpretação dos resultados serão utilizados os valores de referência estabelecidos no Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril para a QAI e os constantes no Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril para os parâmetros temperatura do ar e humidade relativa.

Na análise estatística dos dados utilizar-se-ão métodos de estatística descritiva simples com a respectiva análise de frequência, média aritmética e desvio padrão.

A análise estatística dos dados será feita, utilizando o software Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

Os resultados dos questionários sobre a sintomatologia percebida pelos ocupantes do edifício serão analisados atendendo às variáveis género, idade, número de horas de permanência nos espaços.

## **6.5 Consentimentos**

Para a realização do estudo em campo será necessário por parte do investigador, formalizar pedidos de autorização e de colaboração dirigidos ao Presidente da instituição de ensino, e ao Presidente da ADEQ, para a avaliação da QAI. Sendo garantido o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos.

## **6.6 Declaração de interesse**

O estudo a desenvolver não envolve qualquer interesse económico ou comercial que o possa enviesar, servindo apenas para fins curriculares e académicos.

## 7 Previsão de Resultados

Os resultados obtidos no estudo serão comparados com estudos anteriores de avaliação da QAI realizados em instituições de ensino, nomeadamente, com os que a seguir se referem.

Num estudo realizado numa instituição de ensino superior portuguesa da autoria de Ana Magalhães e outros<sup>85</sup>, foram avaliados os parâmetros, monóxido de carbono, dióxido de carbono, partículas em suspensão, temperatura do ar, humidade relativa e velocidade do ar de dezassete espaços. Na análise da sintomatologia percebida pelos ocupantes foi aplicado um questionário individual. Em todos os locais avaliados os valores da temperatura do ar foram superiores ao estabelecido na legislação em vigor, para a época do ano em que decorreu a avaliação (Primavera/Verão), considerando-se que os ocupantes se encontravam fora da zona de conforto. Quanto aos níveis de humidade relativa no ar interior, os valores obtidos ficaram entre 36,2% e 58,8%, a maioria dos locais apresentou valores muito próximos do valor de referência (50%).

No que se refere à concentração de CO<sub>2</sub>, a maioria dos espaços apresentou valores superiores à concentração máxima de referência (984 ppm), foi no ginásio que se obteve a concentração mais elevada (1623 ppm), o que pode estar relacionado com a elevada taxa de ocupação e as actividades aí desenvolvidas. Em algumas das salas de aulas e laboratórios verificou-se, também a influência da ocupação nas concentrações de CO<sub>2</sub>, apresentando estas, valores um pouco acima de 1000 ppm. Relativamente, ao monóxido de carbono nenhum dos espaços excedeu a concentração máxima de referência (10,7 ppm). Quanto às partículas suspensas no ar (PM<sub>10</sub>), todos os espaços apresentaram níveis muito inferiores ao limite legal (0,15 mg/m<sup>3</sup>).

Os principais sintomas referidos pelos ocupantes dos espaços foram a fadiga e as cefaleias, em especial pelo grupo de indivíduos que ocupavam os laboratórios. Os inquiridos indicaram a temperatura elevada, o ar saturado e os cheiros desagradáveis, como os principais factores do ambiente interior. Os autores chamam a atenção para a análise da sintomatologia percebida pelos ocupantes, o que no seu entender demonstra, que os mesmos podem estar relacionados com factores não ambientais o que justificaria o alargamento do período do estudo.

Em 2006 foi realizado em Taiwan<sup>86</sup>, um estudo de avaliação da qualidade do ar num colégio, em duas salas de informática e numa sala de aulas geral. Foram analisados os parâmetros temperatura, humidade relativa do ar, velocidade do ar, concentração

de partículas, níveis de iluminação e de ruído bem como a concentração de CO<sub>2</sub> e a taxa de ventilação. A média da concentração de CO<sub>2</sub>, nas três salas de aula durante o período diário de aulas, registou valores entre os 785 e os 1681 ppm, excedendo os valores limite recomendados, pela Environmental Protection Administration of the Republic of China, Taiwan (ROCEPA), o valor mais elevado foi registado na sala de aulas geral. O valor médio da concentração de partículas na sala de aulas geral foi de 0,087 mg/m<sup>3</sup>, também superior aos limites recomendados. Os níveis de iluminação foram inferiores ao mínimo recomendado para salas de aula, ao passo que o nível do ruído excedeu as recomendações. Quanto à taxa de ventilação fixou-se entre os 0,41 e 0.65 h<sup>-1</sup> muito inferior ao recomendado, o que explicaria a elevada concentração de CO<sub>2</sub> verificada durante o período das aulas. A medição das temperaturas indicou valores, particularmente elevados na sala de aula geral que chegou a atingir os 30,2°C acima do intervalo recomendado (22 a 27 °C). De acordo com os autores, os resultados analíticos indicam que as escolas devem examinar a eficácia dos equipamentos de ar condicionado nas salas de aulas, e ter em atenção as taxas de ventilação.

No Instituto Politécnico de Coimbra foi conduzido um estudo de avaliação de qualidade do ar nas salas de aula das diferentes escolas/institutos que o compõem durante os meses de Maio e Junho de 2010<sup>78</sup>. Algumas das escolas estão localizadas na zona urbana e outras na periferia. Nas 98 salas de aulas, dos diversos estabelecimentos, foram medidas as concentrações dos poluentes CO e CO<sub>2</sub> tendo em conta factores como a temperatura, humidade relativa, volumetria dos espaços, número de ocupantes, ventilação e localização das escolas. A amostragem foi realizada durante o período em que os ocupantes estavam nas salas de aulas.

As concentrações de CO e CO<sub>2</sub> foram, em média, inferiores ao valor limite. No entanto, verificaram-se divergências nas médias de concentração de CO entre as várias escolas/institutos. Apenas numa das escolas (ESEC) o valor médio da concentração de CO<sub>2</sub> foi de 1187,75 ppm, superior ao valor de referência (984 ppm). Verificou-se uma correlação estatisticamente significativa entre a variável número de ocupantes e os valores analíticos medidos de CO<sub>2</sub> e humidade relativa. O aumento no número de ocupantes correspondeu a um padrão de aumento dos valores médios observados de CO<sub>2</sub> e humidade relativa, apesar de a associação ser fraca, ou seja, a variável estudada apenas explica uma pequena percentagem das variações (12% para o CO<sub>2</sub> e 8% para a humidade relativa). Quanto à variável volume, contrariamente ao esperado, não se verificou uma correlação estatisticamente significativa entre esta e

os valores estimados de CO, CO<sub>2</sub>, temperatura e humidade relativa, assim o volume de cada sala de aula não influenciou os valores dos parâmetros avaliados.

Por outro lado, os autores procuraram avaliar se as variáveis ventilação e localização geográfica, influenciavam o risco dos ocupantes estarem expostos a concentrações superiores de CO<sub>2</sub> superiores ao valor limite de referência. Constatou-se que as salas com ventilação apresentavam uma percentagem de 22% de presença de risco enquanto em salas sem ventilação a percentagem atinge os 50%. Estes permitem concluir que os sujeitos que estão em salas não ventiladas têm um risco de 2,56 vezes mais de estar exposto a valores superiores a 984 ppm, comparativamente aos sujeitos que se encontram em salas ventiladas. Contudo, os autores consideram que mesmo nas salas com ventilação existe uma grande percentagem de risco, o que pode indicar que as salas não estão a ser ventiladas correctamente.

No que se refere à localização geográfica, observou-se uma notória diferença na percentagem de salas com presença de risco entre as instituições situadas no centro urbano e periferia. Nos estabelecimentos de ensino situados na periferia, a percentagem de salas com presença de risco foi de 17,4%, enquanto, os situados no centro urbano apresentavam 34,6% de salas com presença de risco. As salas das instituições localizadas no centro urbano revelaram 2,5 vezes mais risco de estarem expostas a valores superiores a 984 ppm de CO<sub>2</sub>, comparativamente às salas de instituições localizadas na periferia. Provavelmente, isto deve-se ao elevado tráfego rodoviário que se verifica no centro urbano, o que reforça a necessidade de que as escolas nos centros urbanos sejam dotadas de mecanismos eficientes e eficazes de renovação de ar<sup>78</sup>.

Possivelmente os resultados obtidos neste estudo não diferirão grandemente dos resultados atrás mencionados, em que o problema mais significativo e comum foi a concentração elevada de CO<sub>2</sub> em alguns dos espaços analisados, devido a uma deficiente ventilação. Neste projecto, em que os espaços a analisar apenas dispõem de ventilação natural, sendo as trocas de ar favorecidas pela abertura de portas e janelas, em especial no Inverno, em que estas não são abertas, devido à baixa temperatura no exterior, tal, certamente conduzirá a concentrações mais elevadas dos poluentes, nomeadamente do CO<sub>2</sub>.

Quanto à sintomatologia referida pelos ocupantes, possivelmente, os sintomas mais indicados devem ser as dores de cabeça, a irritação ocular e nasal e a fadiga dado que estes são os efeitos decorrentes de concentração elevada de CO<sub>2</sub>.

## 8 Discussão dos possíveis resultados

No caso de algum espaço apresentar valores elevados da concentração de CO<sub>2</sub>, analisar-se-á se existe uma correlação estatisticamente significativa entre esta variável e entre o número de ocupantes desse mesmo espaço. Também, se analisará se existe uma correlação estatisticamente significativa entre os níveis de CO<sub>2</sub> e a volumetria das salas. Por outro lado, será interessante verificar se existe uma correlação entre a concentração de CO<sub>2</sub> e a taxa de ventilação.

Na avaliação dos resultados das medições dos parâmetros químicos obtidos nos laboratórios, temos que ter atenção, que estes são locais em que pela sua natureza se utilizam materiais e substâncias que contaminam o ambiente interior e como tal podem enviesar o resultado. Um modo de minorar esta interferência, seria fazer as medições no início do dia quando ainda não foram manipuladas as substâncias, mas dessa forma não se realizaria a medição no período representativo da ocupação e não seriam avaliadas as piores condições, e são estes os resultados que podem melhor contribuir para caracterizar a exposição dos ocupantes. O ideal seria fazer várias medições, em diferentes períodos do dia, o que significaria alargar o período destinado ao estudo, com o conseqüente aumento da afectação de meios humanos e instrumentais alocados ao estudo.

Quanto à temperatura e humidade relativa nos espaços, como não existem sistemas de condicionamento de ar nem aquecimento e como o estudo será desenvolvido no Inverno, certamente os valores da temperatura serão baixos e inferiores ao recomendado na legislação em vigor, e a humidade relativa do ar será elevada, o que pode ser agravado ou não consoante o melhor ou pior isolamento das portas e inúmeras janelas.

Com base nos resultados dos inquéritos individuais sobre a percepção da qualidade do ar, será possível verificar os sintomas mais prevalentes e caso a percentagem de afectados seja igual ou superior a 20%, esse constituirá um forte indicador da existência de SED entre os ocupantes do edifício, conforme a OMS sugere. Por outro lado, será possível verificar se as mulheres apresentam mais casos de sintomatologia compatível com o SED, confirmando estudos anteriores que apontam o género feminino como o mais susceptível a este problema.

## 9 Considerações finais

Este projecto tem como objectivo principal analisar a QAI de um edifício de um estabelecimento de ensino superior bem como a sintomatologia percebida pelos seus ocupantes despistando a eventual existência de SED. Assim, para as medições dos parâmetros seleccionados seguir-se-á a metodologia e a regulamentação que se aplica às auditorias da QAI e utilizar-se-ão os métodos e equipamentos previstos na NT SCE-02. No entanto, convém referir que os resultados das medições podem variar consoante seja utilizado um método passivo ou activo, se o instrumento utilizado for um analisador de medição em tempo real, ou um aparelho de leitura directa, e se a leitura é contínua ou pontual. Contudo, seja qual for o método adoptado, existem sempre limitações inerentes ao seu uso.

A duração da amostragem e de obtenção de resultados é também um factor a considerar, porque se amostragens mais longas e em diferentes ocasiões podem conduzir a resultados mais fiáveis, além de implicarem mais tempo para o estudo, com a conseqüente ocupação dos meios humanos e materiais por um período mais alargado, podem causar constrangimentos aos ocupantes, como condicionar o uso do espaço, e podem ainda, prejudicar a actividade lectiva, por diminuição da atenção durante as medições.

Deverá ter-se presente na avaliação da QAI, que se leituras elevadas podem ser consideradas evidências que permitem tirar conclusões sobre a existência de um problema, valores baixos não impossibilitam a existência de problemas subtis ou intermitentes, como acontece, especialmente, nos casos de SED.

Na maior parte de situações em que o SED é diagnosticado, é com base na percentagem de ocupantes com a sintomatologia característica do síndrome.

Múltiplas questões associadas à exposição a poluentes em espaços interiores, ainda estão sem resposta, nomeadamente no que diz respeito ao mecanismo de actuação destes poluentes, às concentrações exactas a partir das quais constituem uma ameaça para a saúde humana e em particular à relação dose-resposta, às interacções entre os diversos poluentes, aos parâmetros a monitorizar para avaliar a exposição e às medidas a tomar para minimizar os seus efeitos adversos.

Deve salientar-se que, os valores indicados para alguns dos compostos, são valores indicados à luz do conhecimento científico actual, e que novas evidências sobre os efeitos na saúde humana, no médio e longo prazo, poderão alterá-los, o que vem

reforçar que os valores limite de exposição, são isso mesmo, um limite, como tal deve tentar-se que o nível seja sempre inferior e o mais baixo possível.

Embora, o número de estudos sobre a QAI no meio académico seja considerável, será da maior pertinência o seu aprofundamento, o que exigirá estudos com avaliações mais longas e efectuadas em diferentes épocas do ano no mesmo estabelecimento, o que dará uma maior fiabilidade às conclusões.

Além dos estudos que permitam um maior aprofundamento dos efeitos da QAI, é essencial a sensibilização das populações para a problemática da QAI, nomeadamente para os comportamentos correctos a adoptar.

## 10 Recursos Envolvidos

Para a realização deste projecto será necessária a afectação dos seguintes meios:

- Humanos - Um elemento de Saúde Ambiental que se deslocará ao estabelecimento de ensino para efectuar as medições dos diferentes parâmetros
- Instrumentais
  - Higrómetro
  - Termoanemómetro
  - Equipamento IAQ-Calc TSI ou outro equivalente que permita a avaliação dos parâmetros, CO, CO<sub>2</sub>
  - Medidor Dust Track™ Aerosol Monitor ou outro equivalente

## 11 Cronograma

| Descrição de Actividades   | Janeiro |       | Fevereiro |       | Março |       |
|--|---------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|  | 01-15   | 16-31 | 01-15     | 16-29 | 01-15 | 16-31 |
| Envio de pedidos formais de autorização para o estabelecimento de ensino | ■       |       |           |       |       |       |
| Visita e recolha de dados sobre o edifício                               |         | ■     |           |       |       |       |
| Distribuição e recolha dos questionários                                 |         |       | ■         |       |       |       |
| Seleccção dos locais a avaliar   |         |       | ■         |       |       |       |
| Medições   |         |       |           | ■     |       |       |
| Tratamento dos dados   |         |       |           | ■     | ■     |       |
| Elaboração e redacção do estudo  |         |       |           |       | ■     | ■     |
| Reunião com o orientador   |         | ■     |           |       |       | ■     |

## 12 Referências bibliográficas

1. Ashmore MR, Dimitroulopoulou C. Personal exposure of children to air pollution. *Atmospheric Environment*. 2009; 43: 128-141
2. Sick building syndrome. A practical guide. Report no. 4. Work Group Commission of European Communities. 1989
3. United States Environmental Protection Agency. Indoor Facts No.4, Sick Buildings Syndrome. 1991
4. Mendell MJ, Fine L. Editorial: Building ventilation and symptoms – Where do we go from here? *AM J Public Health*. 1994; 84(3):346-8
5. Berstein JA, Alexis N, Bacchs H, Berstein L, Fritz P, Horner E, The health effects of nonindustrial indoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol*. 2008; 121(3):585-90
6. Lee T, Grinshpun SA, Martuzevicius D, Adhikari A, Crawford CM, Luo J, Reponen T. Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sample in urban homes. *Indoor Air*. 2006; 16(1):37-47
7. Kosa KH, *Indoor air quality: sampling methodologies*; 2002, Lewis Publishers, CRC Press LLC
8. World Health Organization (WHO). Programmes and projects: indoor air pollution. 2008
9. WHO. The right to healthy indoor air. Report on a WHO meeting, Bilthoven, Netherlands, 15-17 May 2000, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2000. [cited 2011 Sep 23]. Available from: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file\\_0019/117316/E69828.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file_0019/117316/E69828.pdf),
10. Environmental Protection Agency. Indoor air quality and student performance. August 2000, 402-F-00-009
11. Arbex MA, Pereira LA, Santos UP, Braga AL. Síndrome do Edifício Doente. *Pneumologista Paulista*. 2010; Vol 23, 11:31-40
12. Fang L, Wyon DP, Clausen G, Fanger PO. Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air*. 2004; 14 suppl 7:74-81
13. American Society for heating, Refrigeration and Air – Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) – ASHRAE Standard 55, 2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta (USA)
14. ISO: International standard 7730, 1994. Moderate Thermal Environments – determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions for Thermal Comfort, Geneva, Switzerland: International Standard Organization
15. Sundell J. On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*. 2004;14(7):51-8
16. Kim JL, Elfman L, Mi Y, Johansson M, Smedje G, Norback D. Current asthma and

- respiratory symptoms among pupils in relation to dietary factors and allergens in the school environment. *Indoor Air* 2005; 15:170-82
17. WHO. Prevention of allergy and allergic asthma. Geneva; 2003.
  18. Gomes JFP. Contaminação do ar interior por bioaerossóis. *Revista Port. Pneumologia*. 2002; Vol VIII (6)689-94.
  19. WHO. Indoor air quality research. Stockholm; 1984.
  20. Gomzi M, Bobie J. Sick building syndrome. *Periodicum Biologorum*. 2009;111(1):79-84
  21. WHO. Air quality guidelines for Europe, Second edition, Regional Office for Europe, European series, nº 23, 1987, Copenhagen, Denmark
  22. WHO Air quality guidelines for Europe, Regional Office for Europe, European series, nº 91, 2000, Copenhagen, Denmark. Available from: <http://euro.who.int/document/e71922.pdf>
  23. WHO, Air quality guidelines global update, Report on a working group meeting Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Available from: <http://euro.who.int/document/e87950.pdf>
  24. WHO. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010. Available from: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf)
  25. Directiva 2008/50/CE de 21 de Maio
  26. Directiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro
  27. Directiva 2006/32/CE de 5 de Abril de 2006
  28. Decreto-Lei nº 102/2010 de 23 de Setembro
  29. Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril
  30. Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril
  31. Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril
  32. Bluysen PM, Management of the indoor environment: from a component related to an interactive top-down approach. *Indoor and Built Environment*. 2008; Ed. 17,483-95
  33. Agência Portuguesa do Ambiente. Qualidade do ar em espaços interiores, Um guia técnico, Amadora; 2009.
  34. LQAI – Laboratório da Qualidade do Ar Interior, Os problemas da qualidade do ar interior, IDMEC, FEUP, [cited 2011 Aug 15]. Available from [http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai\\_info02.html](http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai_info02.html).
  35. NIOSH USA Indoor Air Quality Guidance and Reference Manual 1998 at State of Knowledge Report: Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia, Environmental Australia. 2001;148.
  36. Fisk WJ, Mirer AG, Mendell MJ, Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates. *Indoor Air Journal*. 2009, V19.
  37. Wargocki P, et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report for European multidisciplinary scientific consensus meeting (Euroven). *Indoor Air*.

- 2002;12(2):113-28
38. Cullen MR. The worker with multiple chemical sensitivities: an overview. *Occup Med* 1987;2(4):655-61).
  39. Mendell MJ, Heath GA. Do indoor environments in schools influence student performance? A review of the literature. 2003
  40. Fang L, Wyon DP, Clausen G, Fanger PO. Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air*. 2004;14 Suppl 7:74-81
  41. EnVIE, Publishable Final Report, 2009. Available from <http://www.envie-iaq.eu/documents/finalreports/Final%20Reports%20Publishable/Publishable%20final%20activity%20report.pdf>
  42. Ali HH, Almomani HM, Hindeich M. Evaluating indoor environmental quality of public schools buildings in Jordan. *Indoor and Built Environment*. 2009;Ed.18,66-76
  43. Martinez FJR, Callejo RC. Edifícios saudáveis para trabalhadores sanos: qualidade de ambientes interiores, Junta de Castilla Y León. 2006;124-133
  44. Woods JE, Cost avoidance and productivity in owning and operating buildings, Cone JE, Hodgson MJ (eds): *Problem Buildings: Building associated illness and the sick building syndrome*. *Occup Med State of Art Rev*. 1989; 4:753-770
  45. Kreiss K. The sick building syndrome: Where is the epidemiological basis? *Am J Public Health*. 1990; 80(10):1172-3
  46. Fisk W, Resenfeld A. Estimatives of improved productivity and health from better indoor environments. *International J Indoor Air Quality Climate*. 1997; 7:158-72
  47. Burroughs B, Hansen N. *Managing indoor air quality*, 2008 Fourth Edition, Fairmont Press, inc
  48. Norback D. An update on sick building syndrome. *Cur Opin Allergy Clin Immunol*. 2009; 9(1):55-9
  49. Lu CY, Ma YC, Lin JM, Li CY, Lin RS, Sung CF. Oxidative stress associated with indoor air pollution and sick building syndrome-related symptoms among office workers in Taiwan. *Inhal Toxic*. 2007; 19(1):57-65
  50. Seppänen OA, Fisk WJ. Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*. 2004; 14(Suppl 7):102-18.
  51. Clements-Croome, DAB. Ventilation rates in schools. *Building and Environment*. 2006 43:362-67
  52. Pantoja LDM, Couto MS, Paixão GC. Diversidades de bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados em um campus universitário. *Biológico*. 2007; 60(1):41-7
  53. WHO. *Who Guidelines for indoor air quality: Dampness and mould*. Copenhagen, Denmark, Who Regional Office for Europe. 2009. Available from

[www.who.int/entity/indoorair/publications/7989289041683/en/](http://www.who.int/entity/indoorair/publications/7989289041683/en/)

54. Brasche S, Bullinger M, Morfeld M, Gerbhardt HJ, Bishop W, Why the women suffer of sick building syndrome more often than men? Subjective higher sensitive versus objective causes. *Indoor Air*. 2001;11 (4);217-22
55. Runeson R, Wahlstedt K, Wieslander G, Norback D. Personal and psychosocial factors and symptoms compatible with sick building syndrome in the Swedish workforce. *Indoor Air*. 2006; 16(6) 445-53
56. Bakke JV, Moen BE, Wieslander G, Norback D. Gender and the physical and the psychosocial work environments are related to indoor air symptoms. *J Occp Environ Med*. 2007; 49(6): 641-50
57. Ambu, S, Chu WL, Ak JW, Wong SF, Chan LL, Song ST, Environmental health and building related illness, *le JEMS*. 2008; 2(Suppl 1):S11-S-18
58. Jones AP. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*. 1999; 33(1):4535-64
59. Spengler JD. *Indoor air quality handbook*. 1 ed. New York: McGraw-Hill, 2004. v 1
60. Seltzer JM. Building-related illness. *J Allergy Clin Immunol* 1994; 94:351-362.
61. Study: Classroom ventilation affects student performance. Available from: <http://www.utulsa.edu/academics/colleges/college-of-engineering-and-natural-sciences/departments-and-schools/Department-of-Chemical-Engineering/News-Events-and-Publications/News/2010/December/Classroom-Air-Study.aspx>
62. Myrøld, A, Olesen E, Pupil's health and performance due to renovation of schools, *Healthy Buildings/IAQ*. 1997:81-6
63. Wargocki, P, Wyon DP, The effect of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children, *HVAC&R Research*. 2007;13(2):193-220
64. Wargocki, P, Wyon, DP, The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children. *HVAC&R Research*. 2007;13(2):165-91
65. Coley, D, Greeves, R, The effect of low ventilation rates on the cognitive function of a primary school class. 2004, University of Exeter
66. Pepler RD, Warner RE. Temperature and learning: an experimental study. *ASHRAE Transactions*. 1968;74(2):211-19
67. Wargocki, P., Wyon, DP. Research report on effects of HVAC on student performance, *ASHRAE Journal*. 2006;48:22-8
68. Norma Portuguesa NP 1796
69. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 358: Olores: Un factor de calidad y confort en ambientes interiores,
70. Fanger OP. Introduction of the Olf and the Decipol Units to Quantify Air Pollution

- Perceived by Humans Indoors, Energy and Buildings.1988;12: 1-6
71. Hens H. Applied building physics: boundary conditions, building performance and material properties. 2011:91,92
  72. EPA. Indoor air quality tools for schools – Reference guide. 2009 [cited 2011 Sep 12]. Available from: [http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/kit/reference\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/kit/reference_guide.pdf) .
  73. Yang W, Sohn J, Kim J, Son B, Park J. Indoor air quality investigation according to age of school buildings in Korea. Journal of Environmental Management. 2009;90: 348-54
  74. Fortin A. O processo de investigação: da concepção à realização. Lusociência. 2003
  75. Hui PS, Wong LT, Mui KW. Evaluation of professional choice of sampling locations for indoor air quality assessment. Building and Environment. 2007; Ed 42:2900-07
  76. Nota Técnica NT-SCE-02; Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSCE. 2009 [cited 2011 Oct 19] Available from: [http://www.adene.pt/pt-pt/form/RCCTE/Documents/Documentacao/NT\\_SCE\\_02\\_Outubro2009.pdf](http://www.adene.pt/pt-pt/form/RCCTE/Documents/Documentacao/NT_SCE_02_Outubro2009.pdf)
  77. Fraga, S. Ramos, E. Martins, A. Samúdio, MJ. Silva, G. Guedes, J. Fernandes, EO. Barros H. Qualidade do ar interior e sintomas respiratórios em escolas do Porto. Revista Portuguesa de Pneumologia 2008; Vol XIV (4)487-507
  78. Magalhães, A. Alves, B. Rainho, T. Ferreira, A. Figueiredo, JP. Almeida, J. Sá, N. Qualidade do ar nas salas de aula do Instituto Politécnico de Coimbra. 2011. Congresso Internacional de Saúde Ambiental, Livro de Actas, Departamento de Saúde Ambiental – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra
  79. Bayer, CW. Causes of indoor air quality problems in schools. 2001, Summary of Scientific Research. US Department of Energy
  80. EnVIE, WP3 Final Report, Characterization of spaces and sources, 2008 [cited 2011 Oct 22] . Available from: <http://paginas.fe.up.pt/~envie/documents/finalreports/Final%20Reports%20Publishable/EnVIE%20WP3%20Final%20Report.pdf> acedido em 15 de Outubro de 2011
  81. Apte, MG. Fisk WJ, Daisey JM. Associations between indoor CO<sub>2</sub> concentrations and sick building syndrome symptoms in US office buildings: an analysis of the 1994-1996 base study data, Indoor Air. 2000;10:1-36
  82. European Commission. The Index Project, Final Report, 2005. Available from:([http://ec.europa.eu/health/ph\\_projects/2002/pollution/fp\\_pollution\\_2002\\_frep\\_02.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_02.pdf))
  83. Santos, AMA, O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho, 2001, Fundacentro – Fundação Jorge Dupray Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Available from: <http://www.sessaut.com.br/downloads/Particulas%20de%20poeira%20suspensas%20no%20ar%20dos%20ambientes%20de%20trabalho.pdf>

84. Baron PA, Willeke K. Aerosol Measurement: Principles, techniques and applications, Second Edition, Wiley-InterScience, Inc; 2001
85. Ferreira T, Santos J, Freitas M, Rodrigues M, Silva MV. Avaliação da Qualidade do ar interior numa instituição de ensino superior. 2011. Congresso Internacional de Saúde Ambiental, Livro de Actas, Departamento de Saúde Ambiental – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra
86. Chang, FH, Li, YY, Tsai, CY, Yang, CR, Specific indoor environmental quality parameters in college computer classrooms, Int. J. Environ. Res., 3(4): 517-524, 2009 ISSN: 1735.6865

## Bibliografia

- Morais, GR. Silvia, MA. Carvalho, MV. Santos, JGS. Dolinger, EJO. Brito, DD. Qualidades do ar interior em uma instituição de ensino superior Brasileira. Biosci. J, Uberlândia. 2010;26(2), 305-10
- Síndrome dos Edifícios Doentes: Aspectos microbiológicos, qualidade do ar em ambientes interiores e legislação brasileira (parte 1). Encarte Técnico da Revista Abrava. 2008; Ed260:1-4
- Gomes, JFP. Métodos expeditos de estimativa da concentração de poluentes gasosos no interior dos edifícios. Revista Portuguesa de Pneumologia. 2006;XII, 4448-53
- Madureira, J. Impacte de uma grande linha de tráfego urbano na qualidade do ar e na saúde – Avaliação em escolas do Porto. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- <http://www.iaqscience.lbl.gov/performance-summary.html>
- [http://www.saudepublica.web.pt/05-promocaoSAUDE/054-SOcupacional/SED\\_inquerito.pdf](http://www.saudepublica.web.pt/05-promocaoSAUDE/054-SOcupacional/SED_inquerito.pdf)



## **13 Apêndices**

## 13.1 Apêndice 1 – Pedido de Autorização Institucional

Lisboa, (data)

Exmo. Sr.º Presidente do (Estabelecimento de Ensino)

Marta Sofia Guerreiro Sanguessuga, na qualidade Mestranda, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, venho por este meio, solicitar a Vossa Exa. autorização para realizar nesta Instituição Superior de Ensino, o Trabalho de Investigação que cujo tema é “Síndrome dos Edifícios Doentes – Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior”, com o objectivo de avaliar a qualidade do ar interior do edifício (E).

Comprometo-me desde já garantir a confidencialidade e anonimato da Instituição.

Sem outro assunto,

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Marta Sanguessuga)

## 13.2 Apêndice 2 - Termo de Compromisso Confidencialidade

Lisboa, (data)

Eu, Marta Sofia Guerreiro Sanguessuga, na qualidade de Mestranda, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, **assumo o compromisso de manter confidencialidade e sigilo sobre todas as informações e dados relacionados com** o Trabalho de Investigação que cujo tema é, “Síndrome dos Edifícios Doentes – Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior”, com o objectivo de avaliar a qualidade do ar interior do edifício (E).

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Marta Sanguessuga)

### 13.3 Apêndice 3 - Folha de recolha de dados

Identificação do local analisado: \_\_\_\_\_

Data da medição: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Lotação máxima: \_\_\_\_\_ Nº de ocupantes: \_\_\_\_\_

| Parâmetros                         | Valor medido | Valores de referência  | Equipamento de Medição |
|------------------------------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Temperatura (Inverno)              |              | 25° C                  |                        |
| Humidade relativa                  |              | 50%                    |                        |
| Velocidade do ar                   |              | < 0,2m/s               |                        |
| Dióxido de carbono CO <sub>2</sub> |              | 984 ppm                |                        |
| Monóxido de carbono CO             |              | 10,7 ppm               |                        |
| Partículas                         |              | 0,15 mg/m <sup>3</sup> |                        |

## **14 Anexos**

## **14.1 Anexo 1 – Questionário Individual**

**QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL PARA OCUPANTES DO EDIFÍCIO "E"**

No âmbito do trabalho final do Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho em que nos propusemos avaliar a qualidade do ar interior de um edifício de um estabelecimento de ensino superior, solicitamos a V/colaboração na resposta a este inquérito.

(Indique ou assinale a opção correcta)

Docente  Não Docente  Aluno  Horário  Diurno  Nocturno

Sexo  M  F Idade \_\_\_\_\_ Ano do curso \_\_\_\_\_

Em média, durante quantas horas/dia utiliza o edifício \_\_\_\_\_

Durante o período em que desenvolve a sua actividade neste edifício sente algum dos seguintes:

**SINAIS E SINTOMAS** (assinale com um X no quadrado respectivo)

|                                  | Sim                      | Não                      |   | Sim                      | Não                      |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| Letargia (astenia/fadiga)        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sensação de garganta seca                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cefaleias (dores de cabeça)      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Irritação ocular (lacrimejo, olhos vermelhos, etc.) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Obstrução nasal (nariz entupido) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Problemas cutâneos (pele seca, comichão, etc)       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Outros Sinais e Sintomas

Se respondeu **SIM**, quais? (por favor especifique)

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

Tem alguma patologia/doença/situação que o(a) torne mais susceptível a problemas e/ou alterações ambientais?  Sim  Não

Se respondeu **SIM** à pergunta anterior, por favor assinale as situações/doenças com X nos quadros respectivos

|                               |                          |  |                          |
|-------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| Doença cardiovascular crónica | <input type="checkbox"/> | Problemas/alterações do sistema imunitário | <input type="checkbox"/> |
| Doença respiratória crónica   | <input type="checkbox"/> | Submissão a quimio/radioterapia            | <input type="checkbox"/> |
| Doença neurológica crónica    | <input type="checkbox"/> | Alergias (Quais? _____)                    | <input type="checkbox"/> |
| Uso de lentes de contacto     | <input type="checkbox"/> | Outras doenças, quais? _____               | <input type="checkbox"/> |

V.S.F.F.

|  |
|--|
| Quando <u>começaram</u> os seus sinais/sintomas?   |
| Durante o dia ocorre algum <u>agravamento</u> dos seus sinais/sintomas? Se SIM, quando?  |
| Durante o dia existem períodos em que os seus sinais/sintomas <u>desaparecem</u> ? Se SIM, quando?   |
| Já se apercebeu da existência de acontecimentos/situações que parecem ocorrer no mesmo período que os seus sinais/sintomas, tais como alterações da temperatura, humidade, ou certas actividades no edifício "E"?<br>Se SIM, quais e quando? |

Padrão espacial dos sinais/sintomas (p.f. especifique)

|  |
|--|
| Aonde se encontra quando ocorrem os seus sinais/sintomas? (sala, laboratório, corredor, outro local) |
| No edifício "E", aonde passa a maior parte do tempo?   |

Obrigada, pela sua colaboração.

Adaptado de Fernando Costa Silva (UOSP-Braga) 2005 - Portal Saúde Pública