

CODE 1.6

QUALIDADE DO AMBIENTE INTERIOR EM LARES E JARDINS DE INFÂNCIA NA CIDADE DE VISEU - PORTUGAL

Pinto, Manuel^{1*}; Viegas, João²; Freitas, Vasco P.³; Infante, Catarina⁴

1: Departamento de Engenharia Civil (ESTGV) - CONSTRUCT (LFC)
Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu (ESTGV), PORTUGAL
e-mail: mpinto@estv.ipv.pt; web: <http://dep.estgv.ipv.pt/departamentos/dcivil/>

2: Departamento de Edifícios
Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), PORTUGAL
e-mail: jviegas@lnec.pt; web: <http://www.lnec.pt/edificios/pt/>

3: CONSTRUCT (LFC), Faculdade de Engenharia (FEUP)
Universidade do Porto, PORTUGAL
e-mail: vpfreita@fe.up.pt; web: <http://paginas.fe.up.pt/~construct/>

4: Mestre em Engenharia de Construção e Reabilitação pela ESTGV
e-mail: katarina.infante@gmail.com

PALAVRAS CHAVE: Qualidade do Ambiente Interior (QAmbI), Qualidade do Ar Interior (QAI), Jardins de Infância, Lares

RESUMO

Ao assumir-se a importância da obtenção de uma adequada qualidade de vida no interior dos edifícios, o estudo da QAmbI assume um desafio bastante significativo quando analisado, principalmente, em edifícios que englobam um tipo de população mais sensível e suscetível, como é o caso das crianças e dos idosos.

Para a manutenção de um ambiente interior adequado à permanência dos ocupantes, com níveis de qualidade do ar e de conforto higrotérmico aceitáveis, verifica-se ser necessário o cumprimento de um conjunto de exigências, nomeadamente a limitação das concentrações de poluentes para valores dentro dos limites regulamentares e a limitação dos parâmetros que influenciam as condições de conforto higrotérmico para intervalos de valores de referência regulamentados e recomendados.

Este artigo estuda a QAmbI em compartimentos de edifícios da cidade de Viseu que albergam infantários e lares de idosos. O estudo desenvolvido tem como intuito a caracterização de diferentes compartimentos selecionados e a análise de alguns parâmetros ambientais, através dos seus registos contínuos. Os registos contínuos incidiram nos seguintes parâmetros ambientais: temperatura do ar, humidade relativa, concentração de dióxido de carbono e de compostos orgânicos voláteis totais e taxas de ventilação. A análise dos resultados obtidos é por sua vez realizada tendo em conta os limites recomendados e regulamentares existentes, permitindo deste modo avaliar as condições de QAI e de conforto higrotérmico presentes nos diversos espaços interiores selecionados. Para os diversos casos de estudo, foi ainda avaliado o conforto térmico dos ocupantes, através da aplicação de modelos de conforto térmico.

Com base nas conclusões das campanhas experimentais desenvolvidas e face aos problemas de conforto higrotérmico e de poluentes interiores identificados nos espaços interiores, foram propostas algumas recomendações, nomeadamente ao nível da climatização, da ventilação e da manutenção, de forma a obter-se uma melhoria geral da QAmbI.

1. INTRODUÇÃO

Nos países desenvolvidos as pessoas passam mais de 90% do seu tempo em ambientes fechados. As condições do ambiente interior encontram-se fortemente relacionadas com a saúde, o bem-estar e o desempenho geral da população [1]. Com a elevada permanência da população no interior dos edifícios, a temática da QAmbI assume assim um papel com especial importância, existindo atualmente um conjunto de exigências funcionais que permitem o aumento do conforto dos ocupantes. Para além da necessidade de satisfação das exigências relativas ao conforto dos ocupantes, é necessário ainda ter especial atenção à saúde dos mesmos, uma vez que a inadequada QAI pode influenciar negativamente a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios, afetando o seu estado de saúde [2].

Apesar da QAmbI apresentar um papel importante em todo o tipo de edifícios, é de realçar uma especial atenção para os edifícios dos infantários e lares de idosos. Estes edifícios englobam um tipo de população mais sensível à ação da QAmbI. A consideração das crianças e idosos como grupos de risco no que diz respeito à inadequação dos ambientes interiores, principalmente pela presença de poluentes no ar interior, deve-se essencialmente ao facto das crianças apresentarem um sistema imunitário em desenvolvimento e da população idosa apresentar reduzidas defesas imunológicas e múltiplas doenças crónicas subjacentes [3], [4]. Todos os edifícios devem ser, portanto, projetados, construídos e mantidos em funcionamento de modo a proporcionarem condições de conforto ambiental adequadas [5].

Para que seja possível a manutenção de um ambiente interior adequado à permanência dos ocupantes, com níveis de qualidade do ar e de conforto térmico aceitáveis, verifica-se ser necessário o cumprimento de níveis de referência de temperatura e de humidade relativa do ar (T_{ar} e HR), o cumprimento de valores mínimos de renovações horárias (R_{ph}) e o cumprimento de valores máximos das concentrações de poluentes do ar interior, parâmetros presentes na regulamentação portuguesa, na área da térmica de edifícios e QAI, com exceção da HR que se encontra recomendada em normalização europeia.

Os cumprimentos de níveis de referência e de valores limite conduzem ainda a que seja necessária uma cuidada análise das condições de ventilação do ar interior. A ventilação do ar interior possui então um papel bastante importante, não só na QAI, uma vez que controla os níveis de poluentes através das R_{ph} , como também na conservação do edifício, impedindo muitas vezes o desenvolvimento de patologias relacionadas com a humidade, patologias estas que provocam degradações dos elementos construtivos dos edifícios e que propiciam a diminuição da QAmbI para os ocupantes. Nos edifícios, a utilização da ventilação deve ainda ser adequada para que não se verifique o desconforto térmico dos ocupantes e também para que não se registem consumos energéticos desadequados.

No sentido de contribuir para aprofundar o conhecimento sobre esta temática, este artigo apresenta resultados de medições de poluentes interiores (dióxido de carbono e COVs - compostos orgânicos voláteis totais), e condições de conforto higrotérmico num lar de idosos e um infantário situados na cidade de Viseu - Portugal [6], embora se apresentem os 4 edifícios sujeitos a avaliação (2 lares e 2 infantários).

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS EDIFÍCIOS E COMPARTIMENTOS ESTUDADOS

No total analisaram-se dois infantários e dois lares de idosos, nas seguintes condições:

- zona climática I2V2; altitude média = 480 m;
- infantário 1: 5 salas e 1 refeitório;
- infantário 2: 8 salas;
- lar de idosos 1: 7 quartos e 1 sala de convívio;
- lar de idosos 2: 5 quartos e 3 salas de convívio.

A caracterização física de 2 edifícios (os mais antigos) e alguns compartimentos estudados encontra-se apresentada na Tabela 1, revelando tratar-se de infraestruturas de épocas construtivas, localizações, características construtivas e instalações técnicas bastante diferenciadas.

Tabela 1: Caracterização física dos edifícios e compartimentos estudados

EDIFÍCIO				COMPARTIMENTO			
	Ano de construção	Sistema de climatização	Sistema de ventilação	Designação	Orientação predominante	Área útil [m ²]	Ocupação máxima habitual
Infantário 1 ^a	Séc. XVIII e reabilitação em 1989	Aquecimento intermitente com radiadores elétricos	Ventilação Natural	Sala 1	NO	53,83	2 educadoras e 19 crianças
				Sala 2	SO	30,16	2 educadoras e 20 crianças
				Sala 3	NO e SO	38,66	2 educadoras e 19 crianças
				Sala 4	NO e SO	34,55	2 educadoras e 20 crianças
Lar 2 ^b	Séc. XIX	Aquecimento intermitente com radiadores a água	Ventilação Natural	Quarto 1	E e NE	24,61	3 utentes
				Quarto 2	O	22,79	3 utentes
				Sala de convívio 1	O	39,76	25 utentes
				Sala de convívio 2 ^c	O	39,76	25 utentes
Notas: a) método de limpeza: duas vezes ao dia com solução aquosa com detergente; abertura de janelas aquando das limpezas (não sistemática); as paredes exteriores não têm isolamento; b) método de limpeza: diariamente com solução aquosa; abertura de janelas aquando das limpezas (não sistemática); as paredes exteriores não têm isolamento; c) serve simultaneamente de refeitório.							

Os revestimentos interiores dos espaços estudados e a constituição dos vãos envidraçados, respetivas proteções solares, interiores e exteriores, encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Revestimentos interiores, vãos envidraçados e proteções solares dos diversos compartimentos

Edifício	Compartimento	Pavimento	Paredes	Teto	Proteções solares		Caixilharia	
					interiores	exteriores		
Infantário 1	Sala 1	Vinílico	Estucadas	Cortiça	Cortinas opacas de cor azul	Inexistentes	Madeira, sistema de guilhotina; vidro simples	
	Sala 2							
	Sala 3	Mosaico cerâmico		Estucado	Cortinas opacas de cor amarela		Alumínio sem corte térmico, sistema de abrir e fixo; vidro simples	
	Sala 4							
Lar 2	Quarto 1	Vinílico	Estucadas	Estucado	Cortinas opacas de cor branca + cortinas semiopacas de cor rosa	Inexistentes	Alumínio sem corte térmico, sistema de abrir; vidro duplo	
	Quarto 2							
	Sala de convívio 1							Rolo opaco de cor creme
	Sala de convívio 2							

3. EXIGÊNCIAS NORMATIVAS, REGULAMENTARES E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Em face dos equipamentos disponíveis, somente se considerou um ponto de análise dos vários parâmetros em cada compartimento [7].

Os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos considerados são os previstos na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros medidos e concentrações de referência [CEN/TR 14788, 2006; Portaria 349-D/2013; Portaria 353-A/2013]

Parâmetros		Limiar de proteção em edifícios novos		Margem de tolerância (MT)	Limiar de proteção ^b	
		[mg/m ³]	[ppmv]		[mg/m ³]	[ppmv]
Poluentes Físicos-Químicos	Compostos orgânicos voláteis totais (COVs)	0,6	0,26 ^a	100	1,2	0,52 ^a
	Dióxido de carbono (CO ₂)	2250	1250	30	2925	1625
Nível recomendado/regulamentado						
Conforto higrotérmico	Temperatura	20 - 25°C				
	HR	30 - 70%				
Notas:						
a) Valor obtido para a massa molar do isobutileno [7];						
b) Limiar de proteção em edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação; para uma média de 8 horas.						

As medições da temperatura e humidade relativa exterior foram retiradas do site <https://www.wunderground.com/>; estação situada na Rua Nossa Senhora de Fátima - Viseu). Em relação à localização escolhida para a colocação dos equipamentos no interior dos compartimentos, evitou-se, sempre que possível, a escolha de locais que poderiam influenciar as medições dos parâmetros ambientais interiores, nomeadamente junto a janelas e a equipamentos de climatização. A avaliação da taxa de ventilação foi realizada através da técnica do decaimento, utilizando o CO₂ metabólico como gás traçador, conforme descrito nas normas ASTM E741 e ASTM D6245.

Nos quartos dos lares de idosos, as medições dos poluentes foram realizadas em contínuo. Nas salas dos lares de idosos e nos infantários foram realizadas durante o período de ocupação [7h30 - 19h30]. Foram realizadas duas campanhas experimentais: inverno de 2015 e primavera de 2016. No entanto, por serem mais significativos, serão apresentados somente os resultados da campanha de inverno. Esta decorreu entre 7 de dezembro de 2015 e 22 de janeiro de 2016.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

4.1 Infantário 1

Na Tabela 4 encontra-se apresentada a análise estatística da temperatura interior registada nos compartimentos do infantário 1.

Tabela 4: Análise estatística da temperatura nos compartimentos do infantário 1 (11 a 15 de janeiro)

Compartimento	T_{ar} [°C]					T_{ext} [°C]	ΔT [°C]
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 20^\circ\text{C}$	Percentagem $\geq 25^\circ\text{C}$	$\mu \pm \sigma$	
Sala 1	17,5	22,2	$19,5 \pm 1,0$	72	0	$10,2 \pm 1,4$	9,3
Sala 2	14,2	20,4	$18,3 \pm 1,3$	91	0		8,1
Sala 3	12,7	20,2	$18,0 \pm 1,4$	99	0		7,8
Sala 4	12,5	18,3	$16,6 \pm 1,0$	100	0		6,4
Notas:							
- os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos (7h30 às 19h30);							
- ΔT : corresponde à diferença entre as médias de T_{ar} e T_{ext} .							

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, pode concluir-se essencialmente o seguinte:

- as médias das temperaturas interiores registaram-se abaixo das razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos estudados;
- os diferentes compartimentos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de

20°C a 25°C), sendo que nas salas 2, 3 e 4 se verifica a ausência de conforto térmico em praticamente todo o período de medições (ou mesmo na totalidade).

Observa-se graficamente (gráfico não apresentado) a existência de uma variação cíclica da temperatura interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação deve-se à ocupação dos compartimentos e ao facto do aquecimento com radiadores elétricos ser intermitente (segundo as funcionárias, é normalmente ligado pelas 7h30 e desligado pelas 17h30, sendo regulado o nível de intensidade individual de libertação de calor dos radiadores, mediante as perceções térmicas dos utilizadores).

A análise estatística da *HR* interior registada nos compartimentos do infantário 1 (resultados não apresentados) permite concluir essencialmente o seguinte:

- os compartimentos analisados não apresentam valores preocupantes de *HR* média, com exceção da sala 4 que apresenta um valor médio superior ao limite máximo recomendado (valor limite de 70%);
- com exceção da sala 1, os diferentes compartimentos analisados revelam a existência de percentagens elevadas de tempo nas quais a *HR* se encontra acima do valor limite máximo recomendado (limite de 70%).

Na Tabela 5 encontra-se apresentada a análise estatística dos poluentes interiores (CO₂ e COVs) registados nos compartimentos do infantário 1.

Tabela 5: Análise estatística dos poluentes nos compartimentos do infantário 1 (11 a 15 de janeiro)

Compartimento	CO ₂ [ppm]			COVs [ppm]		
	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Máximo das médias de 8 horas
Sala 1	3194	1582 ± 611	1994	1,00	0,26 ± 0,24	0,27
Sala 2	3050	1732 ± 592	2110	0,58	0,17 ± 0,17	0,18
Sala 3	4130	2236 ± 760	2599	0,31	0,13 ± 0,12	0,13
Sala 4	3984	2308 ± 814	2745	1,73	0,60 ± 0,54	0,62

Nota: os resultados apresentados referem-se ao período de ocupação dos compartimentos (7h30 às 19h30).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, pode concluir-se essencialmente que:

- durante o período de ocupação habitual dos compartimentos, as salas 1 a 4 apresentam valores médios de CO₂ elevados. A sala 4 possui ainda valores médios de COVs preocupantes;
- os valores do desvio padrão dos COVs são elevados, podendo-se concluir que os parâmetros com mais influência (tipo de atividades e taxa de ventilação) são bastante variáveis no período de ocupação;
- todos os compartimentos analisados apresentam um valor máximo das médias de CO₂ superior ao limiar de proteção;
- a sala 4 apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção.

Na Figura 1 encontra-se apresentada a variação de COVs, juntamente com a variação de CO₂ da sala 4, para o dia 14 de janeiro de 2016.

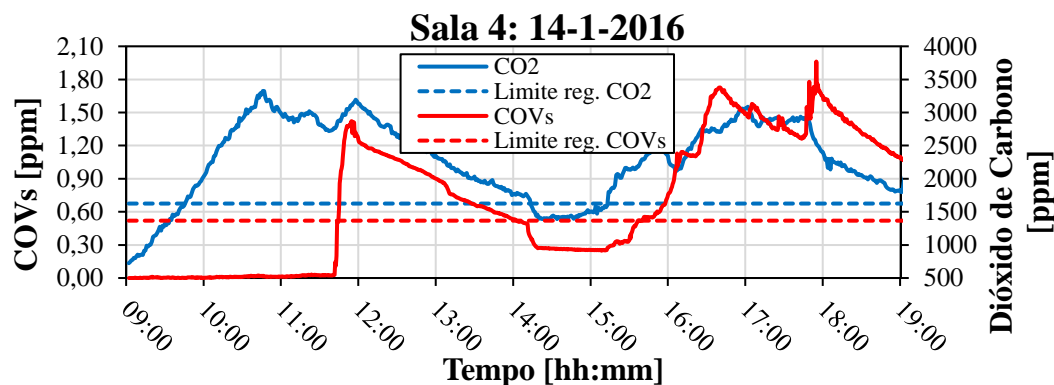


Figura 1: Evolução de CO₂ e COVs na sala 4 do infantário 1 (14 de janeiro)

De acordo com a Figura 1, é possível observar que para a sala 4 o limite máximo de COVs é ultrapassado durante um largo período de tempo analisado. As concentrações elevadas de COVs podem ser reflexo do uso de materiais pedagógicos, como por exemplo, a utilização de tintas e colas (materiais frequentemente utilizados nos trabalhos manuais realizados), da exposição dos trabalhos pela sala e da existência de deficientes condições de ventilação. O terceiro pico máximo de COVs ocorre por volta das 18h00, horário que corresponde ao habitual período de limpezas. No que respeita ao CO₂, a sua concentração deve estar associada à respiração humana (na ausência de fontes com combustão) e não ao uso de materiais pedagógicos e também pela existência de deficientes condições de ventilação.

Na Tabela 6 apresentam-se as taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1. Pelos resultados apresentados, conclui-se que ambas as salas analisadas possuem deficientes taxas de ventilação (as R_{ph} médias são nos dois casos bastante inferiores às R_{ph} regulamentares). Os valores mínimos dos caudais de ar novo foram calculados unicamente em função da ocupação (ponto 2.2.1 da Portaria n.º 353-A/2013).

Tabela 6: Taxas de ventilação das salas 3 e 4 do infantário 1

Compartimento	R_{ph} média (decaimento do CO ₂) [h ⁻¹]	Caudal de ar novo regulamentar [m ³ /(h.pessoa)]	Volume do compartimento [m ³]	Ocupação máxima habitual [pessoas]	R_{ph} regulamentar [h ⁻¹]
Sala 3	0,30	28	104,38	21	5,63
Sala 4	0,31	28	93,29	22	6,60

Nota: para a determinação da R_{ph} média pelo método do decaimento do CO₂, foi utilizado um total de 5 ensaios para a sala 3 e 8 ensaios para a sala 4.

4.2 Lar de idosos 2

De acordo com os resultados não apresentados, pode concluir-se essencialmente que:

- as médias das temperaturas interiores registaram-se razoáveis para a existência de conforto térmico nos compartimentos analisados;
- os quartos analisados apresentam uma percentagem excessiva de tempo na qual as temperaturas interiores registadas se encontram inferiores às regulamentares (intervalo recomendado de 20°C a 25°C). No entanto, comparando com os valores médios, pode afirmar-se que as temperaturas inferiores a 20°C têm um diferencial reduzido em relação a esta;
- as salas de convívio analisadas apresentam, para o período de medições, temperaturas interiores dentro dos limites recomendados.

Regista-se uma variação cíclica da temperatura interior em todos os compartimentos analisados. A referida variação é devida ao aquecimento, uma vez que os períodos de funcionamento têm início em horários pré-estabelecidos (início às 00h00; às 06h00; às 11h00 e às 17h00). A manutenção das condições ideais de conforto térmico que se encontram estabelecidas nas salas de convívio podem ser reflexo da presença de maior climatização e ainda ao facto de se tratarem de compartimentos com grande densidade de ocupação ao longo do dia.

A avaliação do conforto térmico dos quartos 1 e 2 e das salas de convívio 1 e 2 do lar de idosos 2 (dados não apresentados), por aplicação do modelo adaptativo proposto LNEC [8] e considerando a existência de climatização ativa (aquecimento central com radiadores a água) no período de medições, revelou a existência de um ambiente termicamente confortável em praticamente todos os compartimentos analisados, com os registos das temperaturas dentro dos limites estabelecidos como confortáveis.

Na Tabela 7 encontra-se apresentada a análise estatística da HR interior registada nos compartimentos do lar de idosos 2. Pode concluir-se essencialmente que:

- as salas de convívio analisadas apresentam valores razoáveis de HR média, enquanto que os quartos revelam valores mais preocupantes;
- os compartimentos dos quartos analisados apresentam percentagens excessiva de tempo nas quais os valores de HR registados se encontram superiores ao limite máximo recomendado;

- durante o período total de medições, as salas de convívio analisadas apresentam valores de *HR* dentro dos limites recomendados.

Tabela 7: Análise estatística da humidades relativa nos compartimentos do lar de idosos 2 (4 a 8 de janeiro)

Compartimento	<i>HR</i> [%]				<i>HR</i> _{ext.} [%]	ΔHR [%]	
	Mín.	Máx.	$\mu \pm \sigma$	Percentagem $\leq 30\%$	Percentagem $\geq 70\%$		$\mu \pm \sigma$
Quarto 1	70	78	73 ± 1	0	99	92 \pm 6	19
Quarto 2	66	79	70 ± 2	0	51		22
Sala de convívio 1	41	64	52 ± 4	0	0	92 \pm 6	40
Sala de convívio 2	54	68	59 ± 2	0	0		33

Notas:
 - nos quartos as medições foram contínuas enquanto que na sala de convívio a medição refere-se ao período normal de ocupação: das 7h30 às 19h30;
 - ΔHR : corresponde à diferença entre as médias de *HR*_{ext.} e *HR*.

5. Conclusões e recomendações

Dos resultados obtidos com a primeira campanha experimental, destacam-se as seguintes conclusões:

- os compartimentos do infantário revelaram deficientes condições de climatização na estação de aquecimento, apresentando na maioria dos casos excessivas percentagens de tempo ($\geq 20\%$) com valores de temperatura abaixo dos regulamentares (20°C);
- a generalidade dos compartimentos do infantário apresentam valores preocupantes de *HR*;
- todas as salas do infantário apresentam um valor máximo das médias de CO₂ superior ao limiar de proteção;
- a sala 4 do infantário apresenta um valor máximo das médias de COVs superior ao limiar de proteção;
- os quartos do lar de idosos apresentam excessivas percentagens de tempo com valores de temperatura abaixo dos regulamentares e revelam igualmente valores preocupantes de *HR* (com excessivas percentagens de tempo com valores de *HR* superior ao limite máximo recomendado);
- com exceção da sala de convívio 1, todos os compartimentos do lar de idosos apresentam um valor máximo das médias de CO₂ superior ao limiar de proteção;
- na avaliação do conforto térmico pela aplicação do modelo de conforto adaptativo proposto pelo LNEC, verifica-se que a globalidade dos compartimentos do infantário apresentam elevadas percentagens de valores fora da zona de conforto, com temperaturas demasiado baixas. Relativamente ao lar de idosos, os compartimentos apresentam-se, globalmente, todos confortáveis, com exceção de uma sala de convívio que revela uma elevada percentagem de desconforto térmico, com temperaturas demasiado elevadas;
- as taxas de ventilação revelaram-se insuficientes, com genericamente valores muito abaixo do regulamentarmente exigido, para todos os compartimentos analisados.

As recomendações de carácter organizacional são as seguintes:

- no infantário, as condições de climatização podem ser melhoradas através da sensibilização da gestão/direção, das educadoras e das auxiliares para a importância de ligar o aquecimento continuamente durante a totalidade do período de funcionamento dos espaços interiores, bem como para a importância da regulação dos radiadores para níveis de intensidade adequados;
- nas condições de climatização do lar de idosos devem ser revistos os períodos de aquecimento, por forma a tentar maximizar o conforto térmico dos diversos compartimentos;
- no infantário, principalmente na sala 4, durante a utilização de materiais pedagógicos, nomeadamente colas e tintas, a ventilação deve ser intensificada, pela abertura de janelas. Após a realização dos trabalhos manuais com os referidos materiais, os mesmos devem ser igualmente expostos em locais mais ventilados. Em alternativa, poderá recorrer-se a materiais menos poluentes;
- para as condições de manutenção dos espaços interiores, não devem ser utilizados produtos de limpeza à base de amónia, solventes orgânicos e outras substâncias químicas que afetem significativamente a QAI;

- as condições de ventilação podem ser melhoradas recorrendo à intensificação da prática de ventilação natural. No infantário, deve ser realizada a abertura de portas e janelas nos intervalos das atividades e após o período de limpezas, sendo que no final do dia as portas interiores devem permanecer abertas. No lar de idosos, deve ser realizada a abertura de janelas após o período de limpezas e ainda nos períodos em que os espaços se encontrem desocupados;
- aquando da ocorrência de condições climatéricas exteriores adversas, a abertura de janelas deve ser realizada assim que possível. Neste sentido, é necessário realizar ações de sensibilização junto de todos os intervenientes adultos.

As recomendações relativas aos sistemas construtivos e aos sistemas de climatização são as seguintes (por ordem sequencial de importância e eficácia):

- deve ser equacionada a melhoria global do isolamento térmico das envolventes opacas exteriores dos infantários e do lar de idosos 2, preferencialmente, recorrendo ao sistema ETICS (isolamento pelo exterior);
- uma vez que os compartimentos do infantário apresentam vãos envidraçados com fracos desempenhos térmicos, é de ponderar a substituição por outros com desempenhos térmicos melhorados;
- nos infantários deve ser ponderada a instalação de sistemas centralizados de aquecimento, com possibilidade de regulação em cada compartimento;
- sempre que possível, melhorar a proteção solar dos compartimentos, recorrendo preferencialmente a proteção exterior;
- as condições de ventilação e higrometria podem ser melhoradas através da implementação de (por ordem de eficácia):
 - sistemas mecânicos, incluindo grelhas de admissão de ar nos vãos envidraçados;
 - exaustores, de caudal adequado a cada compartimento na envolvente exterior dos mesmos;
 - desumidificadores, nos locais onde se registaram teores elevados de humidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Frontczak, M.; Wargocki, P., Literature Survey on how Different Factors Influence Human Comfort in Indoor Environments, *Building and Environment*, vol. 46, pp. 922 - 937, 2011.
- [2] Viegas, J. et al., Ventilação, Qualidade do Ar e Saúde em Creches e Infantários - Resultados Preliminares do Projeto ENVIRH, IV Congresso Nacional Construção 2012, Universidade de Coimbra, Portugal, 2012.
- [3] WHO, Effects of Air Pollution on Children's Health and Development: a Review of the Evidence. Copenhagen, Denmark, 2005.
- [4] Mendes, A. et al., Indoor Air Quality and Thermal Comfort - Results of a Pilot Study in Elderly Care Centers in Portugal, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, vol. 76, pp. 333-344, 2013.
- [5] Decreto-Lei n.º 118/2013, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, 20 de agosto de 2013.
- [6] Infante, A., Análise da Qualidade do Ambiente Interior em Infantários e Lares de Idosos, Tese de Mestrado Submetida à ESTGV, Viseu, 2016.
- [7] ADENE, Metodologia para Auditorias Periódicas de QAI em Edifícios de Serviços Existentes no âmbito do RSECE, Nota Técnica NT-SCE-02, 2009.
- [8] Matias, L., Desenvolvimento de um Modelo Adaptativo para Definição das Condições de Conforto Térmico em Portugal, Tese de Doutoramento Submetida ao IST, Lisboa, 2010.