

Project 6.60.6 - Experimental Campaign Projeto 6.60.6 - Campanha Experimental

Marisa Monteiro - m-r-monteiro@hotmail.com

Universidade da Beira Interior, Covilhã

Ana C.A. Sousa - anasousa@fcsaude.ubi.pt

CICS-UBI Centro de Investigação em Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior

M. Ramiro Pastorinho - rpastorinho@fcsaude.ubi.pt

Departamento de Medicina, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior

João C. G. Lanzinha - joao.lanzinha@ubi.pt

LABSED, C-made, Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior

Miguel Nepomuceno - mcsn@ubi.pt

LABSED, C-made, Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior

Abstract

Nowadays people spend a large amount of their time indoors. However, prevailing indoor conditions in terms of comfort and environmental quality could present health challenges to the inhabitants. In this context, a pilot campaign was launched by an interdisciplinary team from University of Beira Interior in order to collect indoor environment data from 6 households representing 6 different decades. Weekly measurements were obtained from the rooms most involved in the household activities. Additionally, suspended particles, settled dust and outdoor soil were collected in order to quantify metals, organometals and fungi. We aim to obtain a picture as detailed as possible of the household indoor characteristics and their potential reflection in its inhabitants. Ultimate this study can give rise to a set of recommendations regarding construction characteristics, finishing materials, and space usage so as to reduce health risks and hazards, as well as promoting the inhabitants well-being.

Resumo

Atualmente as pessoas passam grande parte do seu tempo no interior das habitações. Contudo, as condições de conforto e ambiente interior de espaços habitacionais podem provocar efeitos adversos na saúde dos ocupantes. Neste âmbito, está atualmente a ser desenvolvida uma campanha experimental de medição de parâmetros de caracterização de ambientes interiores em 6 habitações representativas de 6 décadas, realizada por uma equipa multidisciplinar da Universidade da Beira Interior. Foram realizadas medições semanais, sendo as amostragens efetuadas nos compartimentos representativos das principais atividades ocupacionais dos moradores. Em cada habitação foram ainda recolhidas amostras de partículas em suspensão e pó doméstico (bem como do solo da área de enquadramento da habitação) para quantificar os níveis de metais, organometais e fungos no ambiente doméstico. Pretende-se assim obter uma descrição o mais exaustiva possível das condições dos diferentes domicílios e do seu potencial reflexo nos habitantes, por forma a tecer um conjunto de recomendações sobre características construtivas, materiais de revestimento e condições de utilização dos espaços habitacionais conducentes à redução dos riscos para a saúde e bem-estar dos ocupantes.

Keywords

Living spaces, Health, Indoor comfort, Sampling

Palavras-chave

Espaços habitacionais, Saúde, Conforto Interior, Amostragens

Projeto 6.60.6 - Campanha experimental

1. Introdução

O impacto da qualidade do ar interior sobre a saúde e o bem-estar das pessoas que utilizam ou trabalham em ambientes fechados tem sido tema de diferentes pesquisas na Área da Saúde Pública pelo menos desde 1970 [1].

Na atualidade, as pessoas passam grande parte do seu tempo no interior das suas habitações, aumentando a sua exposição a possíveis riscos para a saúde e, conseqüentemente, diminuindo as condições de bem-estar. Estes riscos podem atribuir-se à contaminação do ar interior, às temperaturas extremas, às pragas e infestações, ao ruído, aos vetores de doenças infecciosas transportados pelo ar, à contaminação da água, aos fungos, às lesões internas e envenenamento. Os riscos relacionados com as condições de habitação podem ser definidos como riscos psicológicos e fisiológicos e os riscos de infeções e lesões [2].

A utilização corrente dos espaços gera a produção de substâncias, tanto pelos materiais sintéticos de revestimento, como pela ocupação e equipamentos, contaminando o ambiente interior. Para se terem as condições de salubridade adequadas nos edifícios de habitação, é necessário que ao longo do período da sua utilização sejam identificadas as fontes de contaminação do ar interior, de forma a combater as mesmas para promover a saúde dos seus ocupantes. As condições precárias de habitação e do ambiente interior podem causar ou contribuir para muitas doenças e lesões evitáveis [3].

Conforme referido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), a qualidade do ar interior dos edifícios é determinante para a saúde e bem-estar dos seus ocupantes, pelo facto destes passarem a maior parte do seu tempo em espaços fechados, como em casa, no trabalho ou na escola. A exposição aos agentes de risco presentes em muitos espaços interiores pode causar efeitos adversos na saúde, tais como doenças respiratórias, alergias e doenças do sistema nervoso. Quando a extração dos gases gerados por aparelhos de combustão é inadequada ou insuficiente, provoca o risco de intoxicação aguda por monóxido de carbono [1].

Os fatores climáticos revelam uma elevada importância na saúde e bem-estar humanos, existindo um consenso científico de que o clima está a mudar. Se as atuais tendências continuarem (como o aumento da temperatura, a subida do nível médio dos oceanos e os fenómenos meteorológicos extremos), poderão conduzir a graves repercussões na saúde humana. Para além dos parâmetros de risco presentes no ar interior dos edifícios, a saúde e bem-estar dos seus ocupantes pode também ser afetada pela flutuação térmica nos espaços e pela humidade relativa. Sempre que ocorrem vagas de frio ou de calor, são registados elevados números de mortes [4].

2. Objetivos

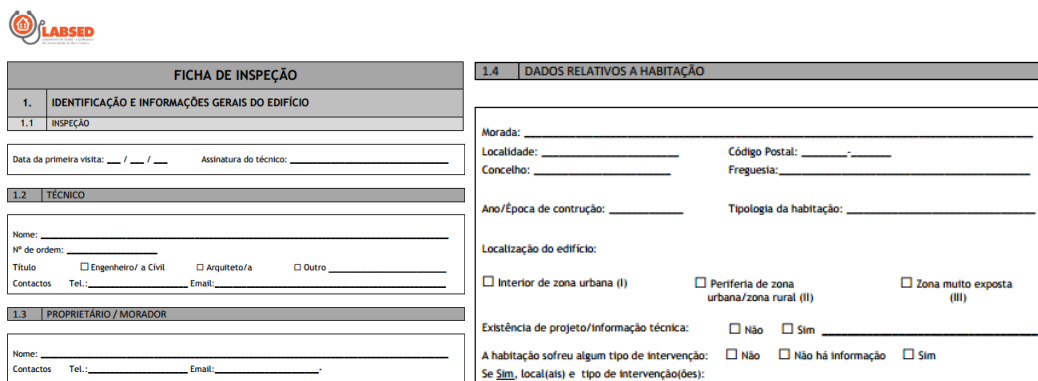
No âmbito da investigação sobre as condições de conforto e qualidade do ambiente interior de espaços habitacionais e seus possíveis efeitos para os ocupantes, desenvolveu-se uma campanha experimental de medição de parâmetros de caracterização de ambientes interiores levada a cabo por uma equipa multidisciplinar da Universidade da Beira Interior (UBI).

Como um dos objetivos principais do estudo consistia em elaborar recomendações sobre as características construtivas, equipamentos, materiais de revestimento e condições de utilização dos espaços habitacionais que reduzam os riscos para a saúde dos ocupantes, esta campanha incluiu a avaliação durante sessenta dias de seis habitações representativas de seis décadas diferentes (1960 a 2010). Semanalmente foram realizadas medições e as amostragens foram efetuadas nos compartimentos representativos das principais atividades ocupacionais dos moradores no interior da sua habitação.

3. Principais características da campanha experimental

A primeira fase consistiu na seleção das habitações objeto de estudo e na obtenção do consentimento dos respetivos moradores. Antes de se iniciar a primeira campanha de registo de dados relativos à qualidade do ar foram ainda desenvolvidas as seguintes atividades:

- Visita às habitações;
- Inquérito aos residentes;
- Levantamento de todas as características técnicas das habitações alvo de estudo, através do preenchimento de uma ficha de inspeção (Figura 1);
- Levantamento do agregado familiar.



The image shows a form titled 'FICHA DE INSPEÇÃO' with three main sections: 1. IDENTIFICAÇÃO E INFORMAÇÕES GERAIS DO EDIFÍCIO, 1.2 TÉCNICO, and 1.4 DADOS RELATIVOS A HABITAÇÃO. Section 1.4 includes fields for address, construction date, and building type.

Figura 1 - Excerto da ficha de inspeção (dados gerais)

A ficha de inspeção contempla o registo da identificação e informações gerais do edifício em estudo, registo de informações relativas aos espaços interiores das habitações, assinalados para efetuar as medições e avaliação exterior ao edifício, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Informações registadas na ficha de inspeção

Informações gerais	Avaliação interior	Avaliação exterior
<p>Nome do técnico inspetor</p> <p>Dados relativos ao morador</p> <p>Dados relativos à habitação</p> <p>Dados relativos ao edifício</p> <p>Tipo de aquecimento</p> <p>Materiais de limpeza e manutenção</p> <p>Sistemas informáticos</p> <p>Animais de estimação</p>	<p>Paredes (materiais de acabamento e revestimento)</p> <p>Teto (materiais de acabamento e revestimento)</p> <p>Pavimento (materiais de acabamento e revestimento)</p> <p>Vãos envidraçados (dimensões, tipo de vidro, caixilharia e sombreamento)</p> <p>Portas (dimensões, tipo de porta, caixilharia)</p> <p>Mobiliário (fixo, amovível, materiais e quantidades)</p> <p>Aquecimento (elétrico, óleo, gás, água, outros)</p> <p>Plantas (número de vasos, espécies)</p> <p>Anomalias detetadas</p> <p>Registo fotográfico</p>	<p>Tipo de paredes exteriores</p> <p>Envolvente</p>

Em complemento, em cada habitação foram ainda recolhidas amostras de partículas em suspensão, pó doméstico e solo para quantificar os níveis de metais, organometais e fungos no ambiente doméstico. Foram também aplicados questionários médicos, realizados exames

médicos de rotina a todos os moradores e recolhidas amostras biológicas (urina, cabelo e unhas das mãos e pés) para posterior análise química.

3.1. Habitações em estudo

As habitações alvo de estudo localizam-se na área da cidade da Covilhã, que se situa na vertente sudeste da Serra da Estrela, em Portugal. A cidade da Covilhã é sede de município e possui uma área superior a 550 km², sendo a sua população total, de acordo com os censos 2011, estimada em cerca de 52 mil habitantes [5] [6].

Na Tabela 2 identificam-se as habitações, a sua tipologia, composição do agregado familiar, localização e ano de construção.

Tabela 2 - Caracterização das habitações em estudo com indicação da década de construção, localização, tipologia e composição do agregado familiar

ID da habitação	Total de habitantes	Tipologia habitacional	Localização	Década representativa de construção
Casa A	3	Apartamento tipologia T3 em edifício multifamiliar	Interior de zona urbana	1960
Casa B	2	Apartamento tipologia T3 em edifício multifamiliar	Interior de zona urbana	1970
Casa C	2	Habitação unifamiliar de tipologia T3	Zona muito exposta	1980
Casa D	3	Habitação unifamiliar geminada de tipologia T4	Periferia de zona urbana	1990
Casa E	4	Habitação unifamiliar de tipologia T3	Zona rural	2000
CASA F	1	Apartamento de tipologia T3 em edifício multifamiliar	Interior de zona urbana	2010

3.2. Parâmetros em avaliação

No âmbito deste projeto multidisciplinar serão avaliados vários parâmetros distintos que incluem a avaliação da qualidade do ar interior, a avaliação de contaminantes ambientais e avaliação do estado de saúde dos residentes. No presente trabalho apresentamos os parâmetros relativos à avaliação da qualidade do ar interior. Em cada habitação foi registada a temperatura interior, humidade relativa, formaldeído, monóxido de carbono, dióxido de carbono e compostos orgânicos voláteis.

Os parâmetros e a periodicidade das medições são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros e medições realizados ao longo do período do projeto





Parâmetro	Medição		
	Contínua	Semanal	Recolha aos 60 dias
Temperatura	x	x	
Humidade Relativa	x	x	
Formaldeído (HCHO)		x	
Monóxido de Carbono (CO)	x	x	
Dióxido de Carbono (CO ₂)		x	
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)		x	
Metais/ Organometais ⁽¹⁾			x
Fungos ⁽¹⁾			x

⁽¹⁾ - Materiais recolhidos em sacos de aspirador e amostradores passivos (AP).

3.3. Equipamentos e condições de medição

A aquisição de dados relativos aos parâmetros físicos e aos compostos orgânicos voláteis foi efetuada com recurso a equipamentos de medição disponíveis no LABSED - Laboratório de Saúde na Edificação do UBIMedical da Universidade da Beira Interior, localizado na Covilhã, em Portugal. Os equipamentos utilizados são ilustrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Equipamentos usados nas medições

Tipo de Medição	Medição Semanal		Medição em contínuo	
Parâmetros	Formaldeído	Temperatura, Humidade Relativa, Compostos Orgânicos Voláteis (COV) totais e Dióxido de Carbono (CO ₂)	Temperatura e Humidade	Monóxido de Carbono (CO)
Equipamento utilizado	Formalmeder htv, da marca PPM	Termoanemómetros VELOCICALC TSI - modelo 9565 e modelo 7545	EasyLog - EL-GFX-2	EasyLog - EL-USB-CO
Fotografias do Equipamento				

Todos os equipamentos se encontravam devidamente calibrados e antes de cada medição foi efetuada a respetiva estabilização do equipamento. Foram registados todos os aspetos ou eventos considerados fora da “normalidade” e suscetíveis de afetar as medições (janela aberta, pessoas no espaço, equipamentos eletrónicos ligados, entre outros). As medições efetuadas foram registadas em formulário elaborado para o efeito. As condições ambientais exteriores foram obtidas a partir dos registos da estação meteorológica da Universidade da Beira Interior, localizada na mesma zona urbana dos edifícios em estudo, aproximadamente a 680 m de altitude.

3.4 Pontos de amostragem

Os pontos de amostragem (Tabela 5) foram estabelecidos de acordo com a utilização habitual dos espaços interiores após informação disponibilizada pelos moradores.

Tabela 5- Pontos de amostragem

Habitação	Total de Pontos de Amostragem
Casa A	5
Casa B	6
Casa C	5
Casa D	10
Casa E	7
Casa F	6

3.5. Alguns exemplos de medições semanais realizadas

Um dos objetivos da monitorização dos diferentes parâmetros consistia em conhecer as suas concentrações presentes no ar interior das habitações, de forma a poder-se reunir informação que permitisse reconhecer as suas fontes emissoras, bem como as atividades que provocam o seu aumento. Como exemplos de medições têm-se as concentrações de formaldeído (HCHO) e de dióxido de carbono (CO₂) das cozinhas das 6 habitações.

De acordo com o Guia Técnico da Qualidade do Ar em Espaços Interiores da Agência Portuguesa do Ambiente, as principais fontes de formaldeído são a madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia - formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico [7]. Segundo a Direção-Geral de Saúde, “diversos compostos orgânicos voláteis, tais como o formaldeído, contribuem também para a contaminação do ar interior, podendo ser libertados durante a utilização e armazenamento de produtos de limpeza.” [8]. A concentração máxima de referência estipulada no anexo VII do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de abril é de 0,08 ppm [9].

As principais fontes de dióxido de carbono incluem o metabolismo das pessoas, a combustão dos aparelhos do tipo A e B (aparelhos a gás) e o fumo do tabaco [9]. A concentração máxima de referência estipulada no anexo VII do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de abril é de 1800 (mg/m³), ou seja, 984 ppm [9].

Na Figura 2 apresentam-se as variações de valores semanais de formaldeído nas cozinhas das habitações em estudo.

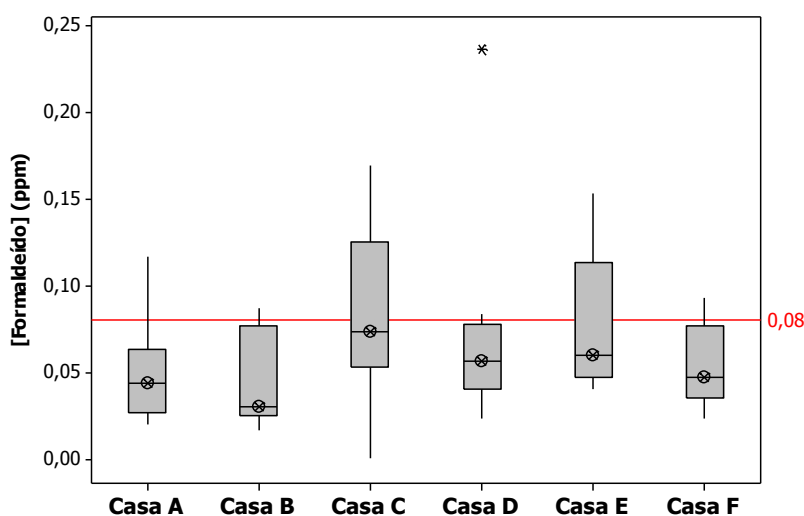


Figura 2 - Variação das concentrações semanais de formaldeído (ppm) nas cozinhas das habitações em estudo com indicação dos valores mínimo, quartil inferior, mediana, quartil superior, máximo e outliers. A linha horizontal a vermelho corresponde à máxima de referência estipulada (0.08 ppm) no anexo VII do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de abril de [9]

Através da análise da Figura 2 verifica-se que em todas as habitações foram registados valores máximos superiores ao valor de referência (0,08 ppm), sendo a Casa B (década de 70) a que possui valores inferiores, uma vez que a concentração máxima obtida foi de 0,09 ppm. As concentrações médias máximas registadas foram na Casa C com o valor de 0,17 ppm e na Casa D 0,24 ppm. Na Casa E a concentração média mais elevada foi de 0,15 ppm.

As concentrações de dióxido de carbono nas cozinhas das habitações em estudo são apresentadas na Figura 3.

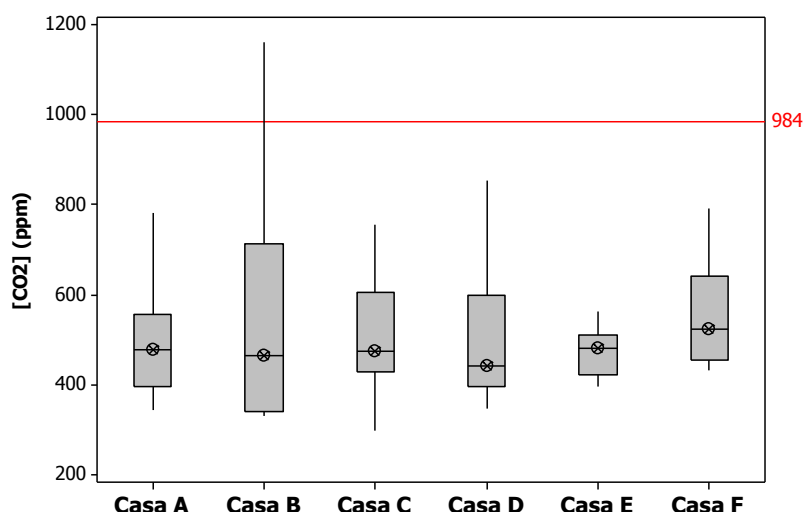


Figura 3 - Variação das concentrações semanais de dióxido de carbono (ppm) nas cozinhas das habitações em estudo com indicação dos valores mínimo, quartil inferior, mediana, quartil superior e máximo. A linha horizontal a vermelho corresponde à concentração máxima de referência estipulada (984 ppm) no anexo VII do Decreto-lei n.º 79/2006, de 4 de abril [9]

Verifica -se que apenas na Casa B foi registada uma concentração máxima superior ao valor máximo de referência (984 ppm), atingindo o valor de 1160,10 ppm.

A Figura 4 ilustra a variação da temperatura interior ao longo dos 60 dias da campanha, onde se podem observar, entre outros, os valores máximos e mínimos registados.

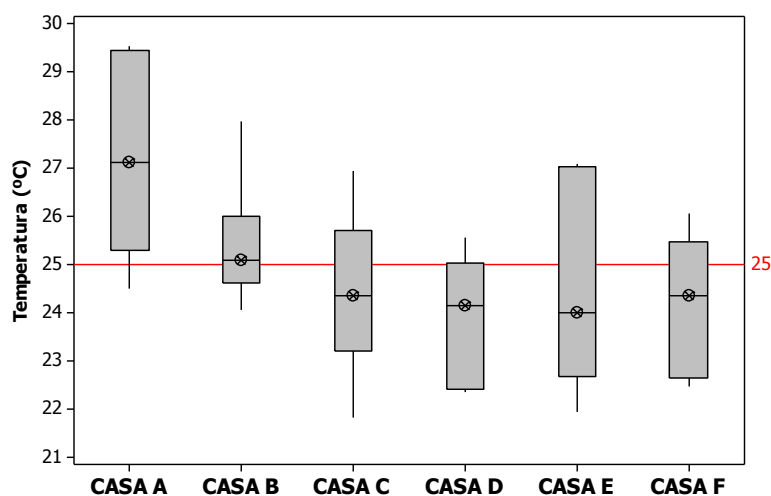


Figura 4 - Variação das temperaturas no interior das habitações (período de 60 dias) com indicação dos valores mínimo, quartil inferior, mediana, quartil superior e máximo. A linha horizontal a vermelho corresponde ao valor de referência (25°C) de acordo com Decreto-lei 118/2013 de 20 de agosto [10]

Numa tentativa de perceção da influência do ambiente exterior no ambiente interior, foram registadas as temperaturas do ar interior e do ar exterior em cada uma das campanhas de medição. Na Tabela 6 apresentam-se as temperaturas médias no interior de cada uma das habitações, bem como a temperatura exterior (na mesma hora da medição), o respetivo diferencial de temperaturas e os valores de referência de acordo com Decreto-lei 118/2013 de 20 de agosto [10].

Tabela 6 - Temperaturas médias no interior e exterior das habitações e respetivo diferencial durante o período de arrefecimento (verão)

Habitação		Temperatura (°C)						Valor de referência (°C)
		Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	
Casa A	Exterior	30,20	18,10	31,30	29,10	29,10	33,60	25
	Interior	29,53	25,58	29,43	28,69	28,40	31,17	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	-0,67	7,48	-1,87	-0,41	-0,70	-2,43	
Casa B	Exterior	31,10	19,40	27,70	30,10	26,30	33,40	
	Interior	27,98	25,05	24,82	28,54	27,22	29,74	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	-3,12	5,65	-2,88	-1,56	0,92	-3,66	
Casa C	Exterior	24,70	14,90	24,52	26,38	24,40	21,40	
	Interior	26,94	23,68	27,80	24,40	27,01	28,20	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	2,24	8,78	3,28	-1,98	2,61	6,80	
Casa D	Exterior	24,00	11,70	24,87	24,40	17,80	22,70	
	Interior	25,56	24,36	24,40	25,68	25,90	27,65	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	1,56	12,66	-0,47	1,28	8,10	4,95	
Casa E	Exterior	30,20	25,60	26,90	24,70	28,10	29,10	
	Interior	27,08	22,92	27,02	27,36	26,91	28,40	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	-3,12	-2,68	0,12	2,66	-1,19	-0,70	
Casa F	Exterior	30,70	16,60	30,00	31,70	25,30	30,30	
	Interior	26,06	25,29	24,65	26,40	27,62	28,45	
	$\Delta (T_{int}-T_{ext})$	-4,64	8,69	-5,35	-5,30	2,32	-1,85	
Valor de referência (ISO 7730 [11]): 18°C - Inverno 25°C - Verão								

Com a análise da Tabela 6 verifica-se que cerca de 53% das medições apresentaram valores de temperatura interior inferiores à temperatura exterior. De acordo com Decreto-lei 118/2013 de 20 de agosto [10], a temperatura visando o conforto térmico deverá ser de 25°C no verão e 18°C no período de aquecimento (inverno). Estas medições foram efetuadas na zona de transição de inverno para verão (onde não é necessário aquecer nem arrefecer os edifícios) e, sobretudo, na zona de verão (arrefecimento). Através da análise dos dados da Tabela 6

(apenas zona de verão), verifica-se que apenas 33,33% das medições (12, num total de 36) se encontram dentro da gama de valores recomendados.

4. Conclusões e trabalhos futuros

Através da análise dos primeiros resultados do projeto e com os dados relativos à utilização de produtos de limpeza, aos hábitos de ventilação do interior das habitações e através da análise das características técnicas construtivas de cada uma das habitações em estudo, por exemplo, far-se-á um cruzamento de dados tendo como objetivo o estabelecimento de critérios para uma avaliação de risco.

Desta forma, após a conclusão de todas as campanhas, analisar-se-ão todos os resultados obtidos, comparando com valores recomendados, efetuando uma crítica entre os resultados das diferentes habitações representativas. Numa fase posterior serão também analisados os outros elementos do ambiente doméstico, recolhidos no âmbito deste projeto.

Agradecimentos

Agradecemos a todos aqueles que voluntariamente disponibilizaram as suas habitações para que fosse possível desenvolver esta campanha experimental.

Este trabalho foi financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PEst-OE/SAU/UI0709/2014.

Ana C.A. Sousa agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento através da Bolsa de Pós-Doutoramento (SFRH/BPD/65884/2009) atribuída no âmbito do QREN - POPH - Tipologia 4.1 - Formação Avançada, participado pelo Fundo Social Europeu e por fundos nacionais.

Referências

- [1] W. H. Organization, *The right to healthy indoor air - Report on WHO Meeting*, Bilthoven, The Netherlands, 15 - 17 may, 2000.
- [2] *Health Effects of Climate Change in the UK 2012 - Current evidence, recommendations and research gaps*, European Centre for Environment and Human Health - Health Protection Agency, University of Exeter Medical School, United Kingdom, 2012.
- [3] "World Health Organization - Regional Office for Europe," [Online]. Available: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Housing-and-health>. [Acedido em 07 04 2015].
- [4] W. H. Organization, "WHO," [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>. [Acedido em 05 07 2015].
- [5] "Município da Covilhã," [Online]. Available: <http://www.cm-covilha.pt/simples/?f=2401>. [Acedido em 07 07 2015].
- [6] Pordata, "Pordata," [Online]. Available: [http://www.pordata.pt/Municipios/Quadro+Resumo/Covilh%C3%A3+\(Munic%C3%ADpio\)-6503](http://www.pordata.pt/Municipios/Quadro+Resumo/Covilh%C3%A3+(Munic%C3%ADpio)-6503). [Acedido em 07 07 2015].
- [7] g. P. d. Ambiente, *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*, Amadora, 2009.

- [8] D. G. d. Saúde, “Direção Geral da Saúde - Portal da Saúde,” [Online]. Available: <http://www.dgs.pt/saude-ambiental/areas-de-intervencao/ar/ar-interior/fontes-de-poluicao-do-ar-interior.aspx>. [Acedido em 15 07 2015].
- [9] *Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*, 2006.
- [10] *Decreto-lei 118/2013 de 20 de agosto - Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação*, 2013.
- [11] *ISO 7730 - Ergonomics of the thermal environment - analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, 2005.