

Análise do conforto térmico em estruturas residenciais para idosos em clima atlântico

Analysis of thermal comfort in nursing homes in the Atlantic climate

Pedro Torres¹, Livia Aguiar², Cristiana Pereira^{1, 2}, Nuria Forcada³, Blanca Tejedor³, Maria Paula Neves², João Paulo Teixeira^{1, 2}, Ana Mendes^{1, 2}

a.sofia.mendes@insa.min-saude.pt

(1) Instituto de Saúde Pública, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

(2) Unidade do Ar e Saúde Ocupacional. Departamento de Saúde Ambiental, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Porto, Portugal.

(3) Group of Construction Research and Innovation. Department of Project and Construction Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (Barcelona), Espanha.

Resumo

A esperança média de vida da população mundial tem vindo a aumentar, incrementando a faixa etária acima dos 65 anos. Nesse sentido, determinados serviços experimentam maior demanda em resposta às necessidades crescentes desta população, como é o caso dos serviços de cuidados a longo prazo, nomeadamente, centros de dia (CD) e estruturas residenciais para idosos (ERPI). Neste âmbito de serviços para a comunidade idosa, os parâmetros de qualidade e conforto são apresentados como fatores cruciais para o bem-estar dos utentes/residentes, sendo que o conforto térmico (CT) é um fator determinante na monitorização do bem-estar desta população. Para que os valores ótimos de CT sejam alcançados e mantidos nos edificados com esta tipologia de serviços, elevados gastos energéticos são despendidos para retificar as condições estruturais dos edifícios. A fim de estruturar um modelo matemático viável que permita definir as características estruturais otimizadas na fase de construção e reabilitação dos edifícios para CD ou ERPI, torna-se necessário analisar o CT dos utentes e prever quais as condições térmicas aceitáveis ou preferenciais para esta população. Este estudo, ainda em curso e integrante do programa ConTerMa, analisa as variáveis de CT na zona climática continental atlântica, monitorizando 8 ERPI e CD situados em 5 concelhos da área metropolitana do Porto, e 5 ERPI e CD na área metropolitana de Barcelona, representativas do clima mediterrânico.

Abstract

In recent years, the average life expectancy of the world's population has been rising, resulting in a steady increase in the elderly population. With the older age group increasing, certain services are in greater demand in response to the growing needs of this population, such as the case of long-term care services, i.e. Day Centres (DC) and Nursing Homes (NH). In this service area, quality and comfort parameters are presented as crucial factors for the well-being of the users, with thermal comfort being one of the most important quality parameters of well-being of this population. It takes high energy costs in order for optimum values of thermal comfort (TC) to be achieved and maintained in buildings built for this type of service, since structural conditions of buildings are often degraded. In order to structure a viable mathematical model that allows to define the optimized structural characteristics in the construction phase of the buildings for permanent or temporary geriatric residences, it is necessary to analyse, in an initial phase, the TC of the users of this type of service and to predict which are the acceptable or preferred thermal conditions for this popula-

tion. The TC analyses, in this study, will focus on an area of continental Mediterranean climate, addressing 8 NH and DC in the metropolitan area of Porto, representative of the Atlantic climate zone in Portugal, and 5 NH and DC in the metropolitan area of Barcelona, exemplifying of the Mediterranean climate.

Introdução

Segundo as Nações Unidas (2017), as estimativas apresentam 962 milhões de pessoas com 60 anos ou mais no mundo, representando 13% da população mundial, apresentando um crescimento a uma taxa de cerca de 3% ao ano (1).

Atualmente, a Europa tem a maior percentagem (25%) de população com mais de 60 anos. Espera-se também que o número de pessoas com 80 anos ou mais triplicará até 2050, e que até 2100 aumentará para quase sete vezes o seu valor comparado com 2017, como apresentado nos gráficos 1 e 2.

Em Portugal, em dez anos, a esperança média de vida aumentou 2,28 anos para a população em geral (2).

Essa tendência explica a crescente demanda por serviços de cuidado de longo prazo (4), como os centros de dia (CD) e estruturas residenciais para idosos (ERPI). Além disso, considerando que pessoas com mais de 65 anos passam boa parte do seu tempo em ambientes interiores, o consumo de energia necessário para manter ambientes interiores com temperaturas de conforto nesses centros é elevado (5,6). Nesse sentido, é necessário determinar os parâmetros que influenciam no conforto térmico (CT), tanto para projetar espaços agradáveis, como para garantir o bem-estar e a saúde dos ocupantes dos edifícios. Uma boa conceção e gestão dos edifícios constru-

Gráfico 1: ↓ Perfis demográficos da população de Portugal para o ano 2017 e projeção do ano 2050 (adaptado ⁽¹⁾).

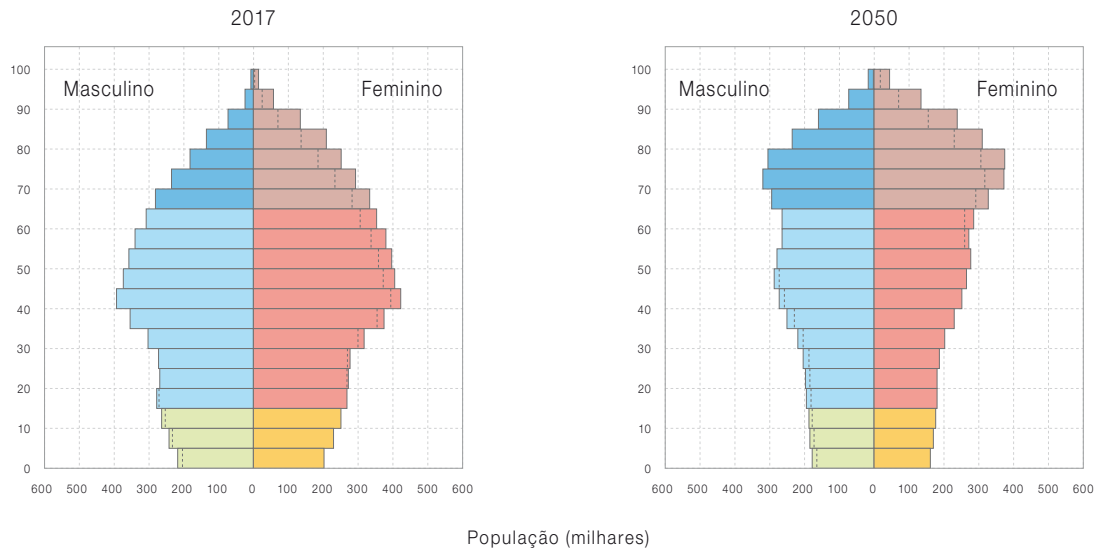
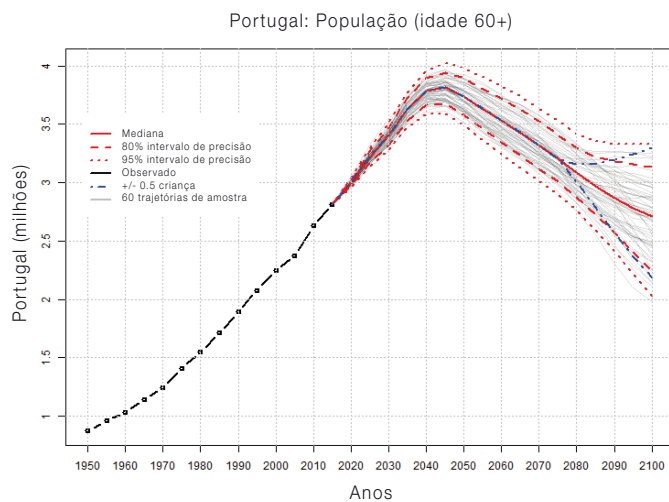


Gráfico 2: ↓ Estimativas e projeções probabilísticas da população portuguesa com 60 ou mais anos, entre 1950-2100 (adaptado ⁽³⁾).



idos não só oferece uma sensação térmica confortável para os ocupantes, mas também determina a quantidade de energia consumida pelos sistemas de refrigeração e aquecimento do edifício. No atual contexto de mudanças climáticas e aquecimento global, a inclusão do conceito de CT adaptativo nos padrões de CT permite adotar novas estratégias de eficiência e economia de energia e atender consistentemente às exigências do desenvolvimento sustentável.

As condições de conforto podem variar substancialmente dependendo da meteorologia. Este projeto irá, portanto, concentrar-se na análise deste conforto na zona climática do Atlântico. Em simultâneo uma equipa parceira de investigação da *Universitat Politècnica de Catalunya*, coordenadora do programa ConTerMa, monitoriza 5 ERPI representativas do clima mediterrânico.

_Objetivo

Este estudo, ainda em curso e integrante do programa ConTerMa, analisa as variáveis de conforto térmico (CT) na zona climática continental atlântica, monitorizando 8 estruturas residenciais para idosos (ERPI) e centros de dia (CD) situados em 5 concelhos da área metropolitana do Porto, e 5 ERPI e CD na área metropolitana de Barcelona, representando o clima mediterrânico.

No geral, o projeto pretende analisar o CT em ambientes de ERPI e CD ocupados por idosos, localizados na zona climática do Atlântico e prever quais as condições térmicas aceitáveis ou preferidas para esse grupo de pessoas. Com esses dados, serão analisados os fatores influentes no CT das pessoas idosas e serão desenvolvidos modelos analíticos para determinar as características de CT para esse grupo populacional dentro das diferentes zonas climáticas. O desenvolvi-

artigos breves_ n. 2

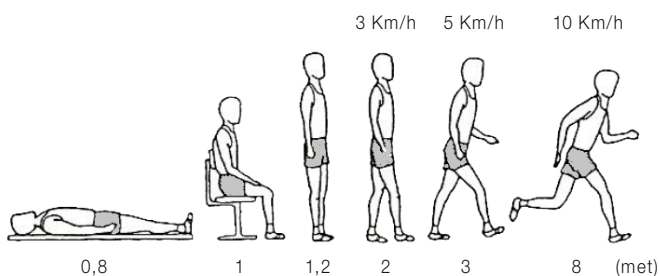
mento dos modelos analíticos adaptativos de CT irá modelar especificações estruturais do edificado necessárias para otimização de CT, quer para construções de novos edificados, quer para adaptação das estruturas pré-existentes. Integrante do Programa ConTerMa, decorre em simultâneo, a mesma metodologia de estudo liderado pela equipa de investigação da *Universitat Politècnica de Catalunya* (Espanha), para monitorização das mesmas variáveis em clima mediterrânico.

_Metodologia

O CT pode ser descrito como as características do ambiente que afetam a troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente (7). O CT depende tanto de parâmetros físicos, tais como questões fisiológicas, afetados pelo estilo de vida, atividade, idade, estado de saúde, género e adaptação ao clima e ao ambiente local do indivíduo e espaço (8).

As normas internacionais ISO 7730:2005 (9), ASHRAE Standard 55:2013 (7) e EN 15251:2007 (9) visam especificar as condições ambientais adequadas ao conforto térmico. Estudos de campo mostram que as atuais regulamentações existentes podem não ser aplicáveis a pessoas acima dos 65 anos porque as suas respostas térmicas são diferentes da população ativa. Este segmento populacional tem características muito específicas, como níveis mais baixos de metabolismo, não sendo capaz de alterar facilmente o seu nível de atividade ou o vestuário, bem como a falta de vasoconstrição, que pode diminuir a sensação térmica ou aumentar a tolerância ao calor, que pode causar desidratação durante o verão.

Figura 1: Representação gráfica da atribuição de valores relativos à taxa metabólica no método do voto médio previsto (adaptado (10)).



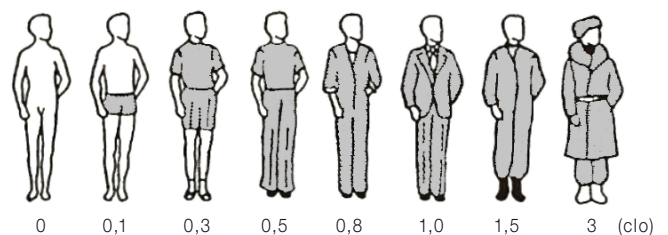
Ao discutir a avaliação do CT, existem dois modelos principais que podem ser usados: o modelo de voto médio previsto (PMV) (10) e o modelo adaptativo.

O modelo habitualmente utilizado para avaliar o CT geral ou corporal é o modelo de voto médio previsto (PMV) de Fanger (1973) (10). De acordo com esse modelo, para que um determinado ambiente possa ser considerado termicamente confortável, deve ser satisfeita uma condição básica, que permita que os mecanismos fisiológicos responsáveis pela termorregulação atinjam o equilíbrio térmico; isto é, que o corpo é capaz de equilibrar o calor ganho (de origem metabólica, como apresentado na figura 1, ou do meio ambiente) e o calor perdido por diferentes mecanismos.








O modelo Fanger PMV é amplamente utilizado e aceite no campo da avaliação do CT. No entanto, é um modelo estacionário (modelo estático), portanto, não leva em conta as variações de temperatura ao longo do dia. É o resultado de investigações em câmaras térmicas, só é aplicável a seres humanos expostos a um longo período em condições constantes, com uma taxa metabólica constante e isolamento térmico do vestuário estável (figura 2), e não considera a adaptação dos ocupantes para alcançar condições de conforto (10).

Relativamente aos questionários sobre sensação térmica, aos utentes dos edificados em estudo, várias questões foram propostas, atribuindo um sistema de pontuação. Para a atribuição de valores e utilização de escalas, foram selecionadas escalas conhecidas como apresentado no quadro 1.

Figura 2: Representação gráfica da atribuição de valores relativos ao isolamento térmico relacionado com o vestuário no método do voto médio previsto (PMV) (adaptado (10)).



Quadro 1: Escalas relacionadas com conforto térmico: escala oficial ASHRAE, preferência e aceitabilidade térmicas.

Representação gráfica ASHRAE *	Valor da escala	Descrição – Escalas		
		Sensação térmica (ASHRAE) (7)	Preferência térmica	Aceitabilidade térmica
	3	Muito quente	Mais fresco	Inaceitável
	2	Quente		
	1	Ligeiramente quente		
	0	Neutro	Sem mudança	Aceitável
	-1	Ligeiramente fresco		
	-2	Fresco	Mais quente	Inaceitável
	-3	Frio		

* Representação gráfica da escala da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), utilizadas nos questionários aos utentes das instituições participantes no estudo.

A aplicação de modelos de conforto ambiental para pessoas idosas oferece a possibilidade de melhorar a qualidade de vida e, ao mesmo tempo, oferece um grande potencial para economizar energia e, portanto, reduzir custos. Nesse sentido, com base no modelo analítico desenvolvido, serão comparados dados ambientais históricos das instituições participantes para, por um lado, capacitar e criar boas práticas que melhorem a qualidade de vida dos utentes/residentes e, por outro lado, objetivar a eficiência energética. Essa economia energética traduz-se aproximadamente em 30% da carga de refrigeração, comparada com a de um ponto de ajuste de temperatura fixo, conforme indicado pela teoria do conforto convencional (11).

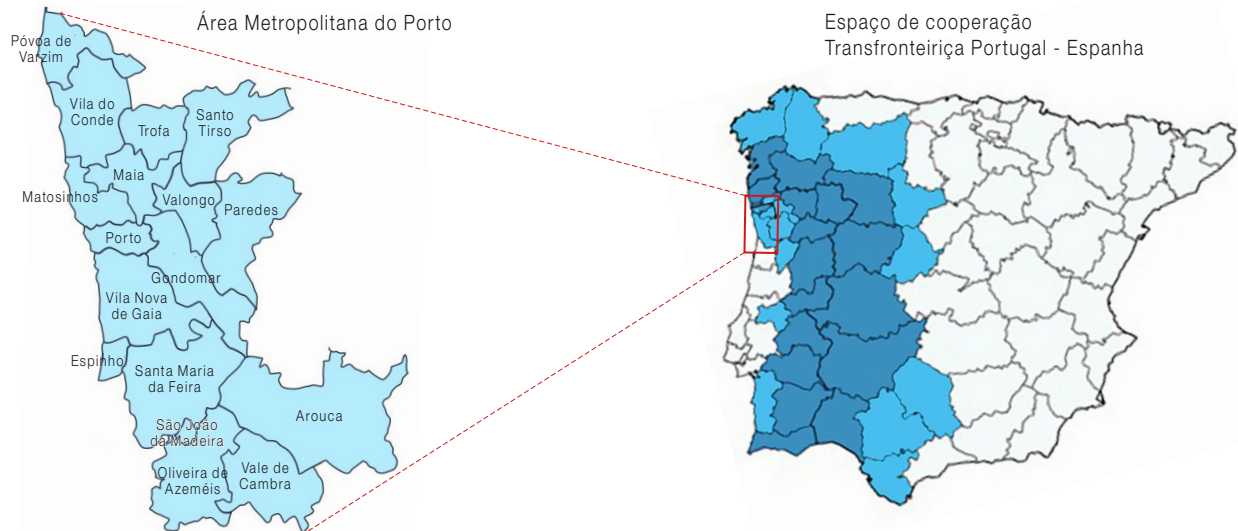
O método adaptativo é o resultado das monitorizações *real-time* nas instituições participantes em que se analisa a real aceitabilidade dos ambientes térmicos, que depende muito do contexto, do comportamento dos ocupantes e das suas expectativas (12).

Em contraste com o modelo estático de CT, no modelo adaptativo as pessoas desempenham um papel instrumental criando as suas próprias preferências térmicas pela maneira como interagem com o ambiente, modificam o seu próprio comportamento ou gradualmente adaptam as suas expectativas, dependendo do ambiente térmico onde estão inseridas (12).

Este projeto, na sua fase inicial de recolha de dados, compilará dados relativos a parâmetros ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e humidade do ar), condições externas (temperatura e humidade relativa do ar exterior, atividade física, vestuário e sensação térmica dos residentes/utentes das ERPI e CD. Foram selecionadas 8 ERPI e CD localizados em áreas com clima atlântico e pertencentes a 5 concelhos da área metropolitana do Porto, apresentada na figura 3.

Em cada uma destas instituições participantes será realizada uma análise longitudinal ao longo das diferentes estações do ano, nas áreas comuns de atividades e convívio. Em simultâneo com cada uma das monitorizações, os residentes serão questionados para determinar a sua sensação térmica no âmbito da escala *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) (quadro 1). Com esses dados, serão analisados os fatores que influenciam o CT dos idosos e serão desenvolvidos modelos analíticos para determinar as características de CT e conforto adaptativo para este grupo populacional, dentro da respetiva zona climática.

Figura 3: Representação da área metropolitana do Porto e sua localização geográfica na Península Ibérica.



Resultados esperados

No final deste projeto será criado um modelo analítico de interpretação de parâmetros ambientais e estruturação de medidas de adaptação de edifícios para o propósito em estudo. De estudos realizados na área do CT, destaca-se a necessidade de modelos específicos de conforto para idosos. Em geral, as normas de conforto não se aplicam atualmente à população de idade avançada, apenas determinando limites restritos mais altos de Percentagem Prevista de Insatisfação (PPD), em vez de determinar as condições ambientais e físicas que afetam o CT.

A abordagem do voto médio previsto (PMV) proposta por Fanger (10) utiliza uma câmara climática uniforme estável e bem controlada para estabelecer um índice de avaliação do conforto térmico. Padrões de conforto térmico, baseados no modelo PMV, quer ao nível de planeamento de construção dos edifícios, quer ao nível da manutenção das condições térmicas interiores, foram amplamente aceites pela comunidade científica (13).

A variedade de ambientes, níveis de atividade, resistência térmica do vestuário e outros fatores humanos levam a resultados diferentes. Muitos grupos de pesquisa orientaram os seus trabalhos para o desenvolvimento de estratégias avançadas de controlo baseadas no índice PMV (14).

A abordagem de controlo baseada no índice PMV poderia reduzir simultaneamente o consumo de energia e manter o conforto térmico dentro de uma faixa de conforto aceitável.

O modelo PMV obtém os parâmetros sob condição de estado estacionário, portanto a sua aplicabilidade em ambientes dinâmicos tem sido controversa. Recomenda-se usar o índice PMV somente para valores de PMV entre -2 e + 2.

A ISO 7730:2005 propõe o uso do modelo PMV se uma ou mais variáveis tiverem pequenas flutuações, desde que sejam utilizadas as médias ponderadas no tempo por hora das variáveis, na última hora (9).

Os índices de PMV fornecem uma avaliação do ambiente térmico através de cálculos usando a medição de seis parâmetros: duas variáveis pessoais, ou seja, vestuário isolante (I_{cl} em "clo") e taxa metabólica (M), e quatro parâmetros ambientais, ou seja, temperatura do ar (t_a em "°C"), temperatura radiante média (t_{mrt} em "°C"), velocidade do ar (v em "m/s") e humidade relativa (p_a).

A equação a seguir mostra a relação entre os parâmetros:

$$PMV = f(I_{cl}, M, t_a, t_{mrt}, v, p_a) \quad (1)$$

O PPD é um índice que estabelece uma previsão quantitativa da percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas que sentem muito frio ou calor. Tanto o índice PMV como o

artigos breves_ n. 2

índice PPD foram considerados altamente relevantes como ferramentas na avaliação da perda de produtividade face a alterações no conforto térmico (15).

O índice PPD é determinado pela equação seguinte, que depende do índice PMV:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0.003353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2) \quad (2)$$

Com o cálculo dos índices relacionados com o conforto térmico, análises comparativas serão realizadas, confrontando os valores obtidos no clima atlântico e no clima mediterrânico, possibilitando assim um estudo mais consistente e com uma visão mais alargada da temática, atendendo às diferenças climáticas encontradas nos dois climas em estudo.

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados da campanha/estação de inverno relativos à amostra de utentes que participaram no estudo respondendo aos questionários de sensação térmica (n=31).

A amostra de utentes elegíveis para participação no estudo na estação de inverno, apresenta uma maioria de utentes/residentes do sexo feminino (74,1%).

Os resultados dos questionários feitos aos utentes (recurso à tabela 1), apresentam respostas homogêneas entre os utentes. Relativamente à sensação térmica propriamente dita, a maioria dos utentes apresentou a resposta de Neutro (0 na escala de ASHRAE) como a mais precisa, não apresentando quaisquer preferências de mudança (0 na escala de preferência térmica), considerando as condições térmicas como aceitáveis (1 na escala de aceitabilidade).

A tabela 5 apresenta os resultados preliminares dos índices PMV e PPD realizados nos espaços comuns das instituições em estudo, resultantes das monitorizações (n=76).

Atendendo ao intervalo recomendado de valores de PMV para o conforto térmico ideal (entre -0,2 e +0,2), verifica-se que apenas a instituição P07 apresenta o valor PMV em conformidade com esse intervalo de valores.

Tabela 2: Distribuição por intervalos de anos de idades dos utentes.

Idades	<60	[60;70[	[70;80[	[80;90[	≥90	Subtotal
Sexo						
Masculino	1	1	0	6	0	8
Feminino	1	1	6	13	2	23
Subtotal	2 (6,45%)	2 (6,45%)	6 (19,35%)	19 (61,3%)	2 (6,45%)	31 (100%)

Tabela 3: Distribuição por escolaridade dos utentes.

Escolaridade	Analfabeto	Sabe ler/Sabe escrever	1º - 4º	5º - 6º	7º - 9º	10º - 12º	Ensino Superior	Subtotal
Sexo								
Masculino	0	5	1	2	0	0	0	8
Feminino	8	8	0	0	2	1	4	23
Subtotal	8 (25,8%)	13 (41,94%)	1 (3,23%)	2 (6,45%)	2 (6,45%)	1 (3,23%)	4 (12,90%)	31 (100%)

Tabela 4: Distribuição dos utentes por anos de residência na instituição.

Anos de Residência	Sem Info.	[0;2[	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	≥10	Subtotal
Sexo								
Masculino	0	3	2	2	0	0	1	8
Feminino	2	2	13	0	0	1	5	23
Subtotal	2 (6,45%)	5 (16,13%)	15 (48,38%)	2 (6,45%)	0 (0%)	1 (3,23%)	6 (19,35%)	31 (100%)

Amostra de utentes participantes, n=31

Tabela 5: ↓ Valores médios por instituição de PMV e PPD relativos às condições térmicas na estação de inverno, resultantes das monitorizações efetuadas (n=76).

Instituição (código)	PMV	PPD (%)
P02	-0,44	9,68
P03	0,63	13,66
P04	0,49	11,46
P05	0,25	8,25
P06	-0,79	10,34
P07	0,05	8,47

PMV - modelo de voto médio previsto
PPD - percentagem prevista de insatisfação

Os dados recolhidos e resultados obtidos serão também comunicados às instituições participantes, servindo de base de estudo para a melhoria das condições ambientais térmicas e melhoria da qualidade das instituições residenciais e de apoio a idosos. O projeto tem em agenda a monitorização de todas as instituições participantes ao longo de todas as estações do ano. Nesse sentido, estão já a decorrer as monitorizações da campanha da primavera.

Financiamento

Projeto financiado ao abrigo do Anúncio de Seleção de Trabalhos de Investigação Multidisciplinar sobre o Envelhecimento 'Fondo Europeo de Desarrollo Regional en el marco del Programa de Cooperación Interreg V-A España – Portugal, (POCTEP) 2014-2020, Expediente: 6/2018_CIE_6', no âmbito do Programa Coordenado 'ConTerMa- Análisis del confort térmico en residencias de ancianos en el espacio de cooperación transfronterizo de España-Portugal'.

Referências bibliográficas:

- (1) United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Population Prospects: The 2017 Revision, Volume II: Demographic Profiles (ST/ESA/SER.A/400). New York: United Nation, 2017. https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_volume-ii-demographic-profiles.pdf
- (2) Instituto Nacional de Estatística. Tábuas de Mortalidade em Portugal 2015 – 2017: Esperança de vida atingiu 80,78 anos à nascença e 19,45 anos aos 65 anos. (INE destaque, 29 maio 2018). https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=316114129&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt

- (3) United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Population Prospects: The 2017 Revision [Em linha]. Probabilistic Projections. <https://population.un.org/wpp/Download/Probabilistic/Population/>
- (4) Damiani G, Colosimo SC, Sicuro L, et al. An ecological study on the relationship between supply of beds in long-term care institutions in Italy and potential care needs for the elderly. BMC Health Serv Res. 2009;9:174. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2762968/>
- (5) Mendes A, Bonassi S, Aguiar A, et al., Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers. Urban Climate. 2015;14(part 3):486-501. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.07.005>
- (6) Mendes A, Papoila AL, Carreiro-Martins P, et al. The Influence of Thermal Comfort on the Quality of Life of Nursing Home Residents. J Toxicol Environ Health A. 2017;80(13-15):729-739.
- (7) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Standard 55-2013 user's manual: ANSI/ASHRAE standard 55-2013, thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA: ASHRAE Research, 2016.
- (8) Vandentorren S, Bretin P, Zeghnoun A, et al. August 2003 heat wave in France: risk factors for death of elderly people living at home. Eur J Public Health. 2006;16(6):583-91.
- (9) ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- (10) Fanger PO. Assessment of man's thermal comfort in practice. Br J Ind Med. 1973;30(4):313-24. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1069471/>
- (11) Palma Pedro. Mapeamento das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento ao nível das freguesias em Portugal: implicações para a análise do conforto térmico nas habitações. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Nova de Lisboa, 2017. <https://run.unl.pt/handle/10362/30791>
- (12) Brager GS, de Dear RJ, Thermal adaptation in the built environment: a literature review. Energy and Buildings. 1998;27(1):83-96.
- (13) Zare S, Hasheminezhada N, Sarebanzadeh K, et al. Assessing thermal comfort in tourist attractions through objective and subjective procedures based on ISO 7730 standard: a field study. Urban Climate. 2018;26: 1-9.
- (14) Široký J, Oldewurtel F, Cigler J, et al., Experimental analysis of model predictive control for an energy efficient building heating system. Applied Energy. 2011;88(9):3079-87.
- (15) Kosonen R, Tan F, Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. Energy and Buildings. 2004;36(10):987-93.