



Pedro Miguel Lopes Lemos

Viabilidade de utilização do sistema de
pavimento radiante na otimização do
conforto térmico em Edifícios Antigos

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Miguel Lopes Lemos

Viabilidade de utilização do sistema de
pavimento radiante na otimização do
conforto térmico em Edifícios Antigos

Tese de Mestrado
Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Sandra Monteiro da Silva

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar um particular agradecimento à Professora Sandra Monteiro da Silva, pela orientação e pelo inextinguível apoio que sempre me prestou, pela disponibilização de elementos bibliográficos e, especialmente, pelas sugestões e por todo o interesse demonstrado.

A todos os responsáveis dos edifícios ou instituições que visitei e que fazem parte deste trabalho (Pousada de Sta. Marinha, Creche de Prado e Mosteiro de Tibães), um agradecimento pela forma como me receberam e facultaram o preenchimento dos questionários por parte dos seus utilizadores e a permissão para realizar o trabalho de campo.

Agradeço ao Eng. Daniel Pinheiro pelo apoio prestado na utilização do Analisador de Microclimas Delta OHM.

Agradeço todo o apoio dos meus amigos e colegas.

Finalmente, agradeço à minha Família, em particular à Lita pela ajuda nesta dissertação.

RESUMO

Os edifícios antigos representam um relevante espólio no contexto da reabilitação do edificado existente. Por isso, considera-se que o ambiente térmico de um espaço interior é determinante para a obtenção das condições de conforto térmico, ou seja, durante a estação fria torna-se essencial o recurso a um sistema de aquecimento para a melhoria das condições térmicas.

O estudo desenvolvido consistiu na verificação das condições de conforto térmico dos ocupantes em edifícios antigos, onde a especificidade arquitetónica inviabiliza, na maioria dos casos, alterações intrusivas à estética e à forma original da envolvente. Procurou-se compreender se a satisfação dos ocupantes face ao ambiente térmico estaria dependente de diversos fatores físicos e subjetivos relacionados com as trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente em que se encontra.

Em termos metodológicos, procurou-se desenvolver um estudo de campo onde fosse possível verificar as condições de conforto nos edifícios estudados, com a especificidade destes espaços conterem aquecimento por pavimento radiante e espaços não aquecidos.

Os resultados obtidos deixaram antever que as condições de conforto térmico são aceitáveis. Porém, foi possível perceber que a perceção térmica dos ocupantes não é consensual, variando em função da sensação e da preferência térmica em relação às condições ambientais interiores.

Palavras-Chave: Edifícios Antigos, Conforto Térmico, Pavimento Radiante.

ABSTRAT

Old buildings represent a important estate in the context of the rehabilitation of existent ancient structures. Therefore, it is considered that the thermal environment in the interior space is determinant for obtaining the thermal comfort conditions, in other words, during the cold season it is essential to use a heating system for improving the thermal conditions.

The study developed consisted in verifying the conditions for thermal comfort of occupants in old buildings, where architectural specificity prevents, in most cases, intrusive changes to the aesthetics and the original shape of the surrounding. We sought to understand whether the satisfaction of the occupants concerning the thermal environment would be contingent on various physical and subjective factors related to the heat exchange between the human body and the environment in which it lies.

In methodological terms, we opted to follow case study method where we could verified the comfort conditions in buildings studied, considered the specificity of these spaces having underfloor heating and unheated spaces.

The results obtained foresee that the thermal comfort conditions are acceptable. However, it was verified that the thermal perception of the occupants is not consensual, varying as a function of sensation and thermal preference in relation to environmental conditions indoors.

Keywords: Old Buildings, Thermal Comfort, Underfloor heating.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivo do trabalho	2
1.3	Estrutura da dissertação	3
2.	ESTADO DA ARTE	
2.1	Ambiente térmico	5
2.2	Parque Edificado	5
2.2.1	Património e edificado corrente	5
2.2.2	Importância da requalificação dos edifícios antigos no património edificado	6
2.2.3	Consequências futuras	8
2.2.4	Caraterização do parque edificado	9
2.2.5	Classe energética do parque edificado	10
2.2.6	Enquadramento e exigências legais RCCTE	11
2.2.7	Potenciais pontos de conflito com o RCCTE	12
2.3	Conforto Térmico	13
2.3.1	Conforto térmico e a temperatura do pavimento	13
2.3.2	Balanço térmico do corpo humano	14
2.3.3	Equilíbrio térmico e conforto térmico	15
2.3.3.1	Parâmetros físicos	16
2.3.3.2	Parâmetros subjetivos	19
2.3.4	Avaliação do conforto térmico	19
2.3.4.1	Modelo de Fanger	19
2.3.4.2	Conforto térmico adaptativo	21
2.3.4.3	Índices de avaliação térmica	23
2.4	Energia	30
2.4.1	Radiação Solar	30
2.4.2	Cargas térmicas e fontes de calor	32
2.4.3	Balanço térmico dos edifícios e mecanismos de transmissão de calor	32
2.4.4	Inercia térmica	33
2.4.5	Isolamento térmico	34
2.5	Sistema de aquecimento	35
2.5.1	Princípio geral	35
2.5.2	Unidades terminais	35
2.5.3	Pavimento radiante hidráulico	37
2.5.3.1	Modo de funcionamento	37
2.5.3.2	Constituição e caraterísticas do pavimento radiante hidráulico	38

2.5.3.3	Comparação entre o sistema radiante e outros sistemas	41
3.	METODOLOGIA	
3.1	Considerações gerais	43
3.2	Amostra	44
3.2.1	Caraterização da amostra e das unidades de análise	45
3.2.1.1	Localização geográfica dos edifícios	47
3.2.1.2	Perfil ocupacional dos edifícios	49
3.3	Estudo de campo	50
3.3.1	Caraterização do edificado	50
3.3.2	Parâmetros ambientais	59
3.3.3	Parâmetros individuais	63
3.3.4	Parâmetros subjetivos	64
3.4	Organização dos dados e métodos de análise	68
3.4.1	Bases de dados	68
3.4.2	Métodos de análise	69
4.	TRATAMENTO DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	
4.1	Temperatura	73
4.1.1	Temperatura exterior	73
4.1.2	Temperatura interior	74
4.1.3	Análise do conforto térmico	75
4.2	Modelos adaptativos	89
4.2.1	Aplicação de modelos normalizados	89
4.3	Perceção térmica	91
4.3.1	Aplicação do questionário	91
4.3.2	Sensação térmica	93
4.3.3	Preferência térmica	96
4.4	Condições de conforto e desconforto térmico	100
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	
5.1	Conclusões	107
5.2	Perspetivas futuras	108
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	111
	ANEXOS	117

ÍNDICE de FIGURAS

Figura 2.1 Atividade de reabilitação	6
Figura 2.2 Proporção de edificado existente por época de construção	7
Figura 2.3 Edificado existente por época de construção	7
Figura 2.4 Proporção de edifícios clássicos por época de construção e estado de conservação	8
Figura 2.5 Exemplos de Edifícios Antigos localizados em Braga	10
Figura 2.6 Classe de eficiência energética de edifícios existentes, por ano de construção	11
Figura 2.7 Mecanismos gerados pelas trocas de calor	14
Figura 2.8 Parâmetros e fatores que influenciam o conforto térmico	16
Figura 2.9 Índice PMV/PPD	20
Figura 2.10 Esquema da perceção térmica com influências de fatores psicológicos	22
Figura 2.11 Esquema do mecanismo adaptativo	23
Figura 2.12 Valores bases de temperaturas operativas interiores para edifícios não climatizados	26
Figura 2.13 Zonas de conforto térmico da ASHRAE 55:2010	27
Figura 2.14 Modelo de aceitabilidade do conforto térmico adaptativo	28
Figura 2.15 Relação dos limites de temperatura de conforto térmico, T_{conf} , com a temperatura exterior, T_{mp} , para ambientes climatizados (ON) ou não (OFF)	30
Figura 2.16 Distribuição de radiação solar na Europa e, nomeadamente, Portugal	31
Figura 2.17 Hipocausto da Villa de Vieux-a-Romaine, Normandía	37
Figura 2.18 Colocação de tubos de polietileno reticulado	38
Figura 2.19 Constituição do pavimento radiante	39
Figura 2.20 Perfil de temperaturas para diferentes tipos de aquecimento, Aplicações de aquecimento Radiante e Climatização	41
Figura 2.21 Perfil de temperaturas: Piso radiante Vs Radiadores	42
Figura 3.1 Amostra e Unidades de análise em estudo	45
Figura 3.2 Região norte e sub-regiões (Nuts III) com a localização geográfica dos edifícios	47
Figura 3.3 Portugal continental. Zona climática de Inverno e localização dos edifícios estudados	48
Figura 3.4 Vista parcial da fachada poente e entrada principal da Pousada Santa Marinha	51
Figura 3.5 Planta do piso térreo com indicação do posicionamento do equipamento de medição nos compartimentos da receção, sala de jantar e sala de festas, Pousada de Sta. Marinha	51
Figura 3.6 Espaço da Receção e pormenor do vão, Pousada de Sta. Marinha	52
Figura 3.7 Espaço da sala de jantar, Pousada de Sta. Marinha	53
Figura 3.8 Espaço da sala de festas, Pousada de Santa Marinha	53
Figura 3.9 Vista da fachada nascente da Creche de Prado	54
Figura 3.10 Plantas do edifício com indicação do posicionamento do equipamento de medição na Cozinha (piso da cave) e da Copa (piso do rés-do-chão), Creche de Prado	54
Figura 3.11 Espaço do Refeitório, Creche de Prado	55
Figura 3.12 Espaço da Copa, Creche de Prado	56
Figura 3.13 Vista parcial e fachada norte e poente do Mosteiro de Tibães	56

Figura 3.14 Planta parcial do piso 2 com indicação do posicionamento do equipamento de medição na Sala do Recibo ou Sala de Exposições, Mosteiro de Tibães	57
Figura 3.15 Espaço da Sala do Recibo ou Sala de Exposições, Mosteiro de Tibães	57
Figura 3.16 Planta parcial do piso 2 com a indicação do posicionamento do equipamento de medição no Foyer ou Átrio da Hospedaria, Mosteiro de Tibães	58
Figura 3.17 Imagem do interior do Foyer ou Átrio da Hospedaria, Mosteiro de Tibães	59
Figura 3.18 Equipamento de medição e de registo de parâmetros ambientais	60
Figura 3.19 Resistências térmicas de peças de vestuário correntemente usadas pelos ocupantes dos edifícios estudados (clo)	64
Figura. 3.20 Escalas de sensações adotadas no questionário	66
Figura. 3.21 Ajustamento individual (adaptação reativa)	67
Figura. 3.22 Ajustamento ambiental (adaptação interativa)	67
Figura 3.23 Posse e uso de sistemas de climatização noutros espaços interiores	68
Figura. 3.24 Calculo dos índices PMV/PPD e da temperatura operativa (ISO 7730) para cada espaço ambiente	70
Figura 3.25 Temperaturas de conforto térmico para espaços interiores	71
Figura 4.1 Temperatura média da amplitude térmica (mapa à esquerda); média da temperatura mínima do ar (mapa ao centro); e média da temperatura máxima do ar (mapa à direita), em Fevereiro de 2012.	73
Figura 4.2 Registo da temperatura exterior	74
Figura 4.3 Registo da temperatura do ar na Receção da Pousada de Sta. Marinha	76
Figura 4.4 Valores do PMV/PPD para a Receção da Pousada de Sta. Marinha	77
Figura 4.5 Registo da temperatura do ar na Sala de jantar da Pousada de Sta. Marinha	78
Figura 4.6 Valores do PMV/PPD para a Sala de Jantar da Pousada de Santa Marinha	79
Figura 4.7 Registo da temperatura do ar na Sala festas da Pousada de Sta. Marinha	80
Figura 4.8 Valores do PMV/PPD para a Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha	81
Figura 4.9 Registo da temperatura do ar no Refeitório da Creche de Prado	82
Figura 4.10 Valores do PMV/PPD para o Refeitório da Creche de Prado	83
Figura 4.11 Registo da temperatura do ar na Copa da Creche de Prado	84
Figura 4.12 Registo da temperatura do ar na Sala de Recibo do Mosteiro de Tibães	85
Figura 4.13 Valores do PMV/PPD para a Sala do Recibo	86
Figura 4.14 Registo da temperatura do ar no Foyer da Hospedaria	87
Figura 4.15 Valores calculados dos índices PMV/PPD para o Foyer da Hospedaria	88
Figura 4.16 Registo médio da Top e Ta exterior para a Sala do Recibo (a) do Mosteiro de Tibães	90
Figura 4.17 Temperaturas de conforto térmico na: Sala do Recibo (a.) e no Foyer da Hospedaria (b.), do Mosteiro de Tibães; Refeitório da Creche de Prado (c.); e Receção (d.), Sala de jantar (e.), Sala de festas (f.) da Pousada Sta Marinha.	90
Figura 4.18 Distribuição dos inquiridos em função do perfil ocupacional de cada espaço	92
Figura 4.19 Distribuição global das respostas da sensação térmica dos inquiridos (sti)	93
Figura 4.20 Resultados da perceção dos inquiridos em relação ao nível de conforto	95
Figura 4.21 Valores da tolerância face ao ambiente térmico	95

Figura 4.22 Distribuição global das respostas da preferência térmica dos inquiridos (pti)	97
Figura 4.23 Distribuição dos valores face às condições de conforto	98
Figura 4.24 Distribuição dos valores em função dos sistemas de climatização	99
Figura 4.25 Valores dos índices PMV/PPD	102
Figura 4.26 Valores dos índices PMV/PPD para os espaços da Pousada de Sta. Marinha	103
Figura 4.27 Resultados sobre a sensação térmica e preferência térmica nos edifícios com sistema de aquecimento por pavimento radiante	104

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 Atividades físicas e taxas de metabólicas correspondentes	18
Quadro 2.2 Ambientes térmicos e respetivas exigências	24
Quadro 2.3 Categorias de ambientes térmicos e gamas de temperaturas aceitáveis	25
Quadro 2.4 Temperaturas de conforto obtidas no projeto SCATs	26
Quadro 2.5 Requisitos físicos para aplicação do modelo proposto (Matias, 2010)	29
Quadro 3.1 Registo global dos edifícios	46
Quadro 3.2 Localização dos edifícios estudados	48
Quadro 3.3 Características registadas durante os estudos de campo	50
Quadro 3.4 Ordem de grandezas obtidas com o Analisador de Microclimas HD32.1 com o programa operativo A: Análises Microclimáticas	60
Quadro 3.5 Registo horário das medições realizadas nos edifícios	62
Quadro 3.6 Atividades e respetivas taxas de metabolismo, M, adotadas nos estudos de campo	63
Quadro 3.7 Escalas térmicas adotadas no presente estudo	65
Quadro 4.1 Valores médios dos parâmetros registados na Receção da Pousada de Sta. Marinha	76
Quadro 4.2 Valores médios dos parâmetros registados na Sala de Jantar da Pousada de Sta. Marinha	78
Quadro 4.3 Valores médios dos parâmetros registados na Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha	80
Quadro 4.4 Valores médios dos parâmetros registados no Refeitório da Creche de Prado	82
Quadro 4.5 Valores médios por cada medição dos parâmetros registados na Sala do Recibo	85
Quadro 4.6 Valores médios por cada medição dos parâmetros registados no Foyer da Hospedaria	87
Quadro 4.7 Média da Top dos espaços estudados em função do sistema de aquecimento	89
Quadro 4.8 Valores dos índices PMV/PPD e da Temperatura Operativa para os espaços com aquecimento por pavimento radiante e para o espaço sem aquecimento	100
Quadro 4.9 Valores dos índices PMV/PPD e da Temperatura Operativa para os espaços da Pousada de Sta. Marinha em Guimarães	103

LISTA DE ABREVIACÕES

ADENE - Agencia para a Energia

AQS - Água Quente Sanitária

CE - Certificado Energético

DCR - Declaração de Conformidade Regulamentar

ICOMOS - International Council on Monuments and Sites

PMV - Voto Médio Previsto ou Predicted Mean Vote

PPD - Percentagem Previsível de Desconfortáveis ou Predicted Percentage of Dissatisfied

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Ta - Temperatura do ar

Tmp - Temperatura média ponderada

Top - Temperatura Operativa

Tr - Temperatura Radiante

U - Coeficiente de transmissão térmica

Vs - Versus

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Ao longo dos tempos as pessoas tiveram sempre a necessidade de se sentirem termicamente confortáveis. A evolução natural das características culturais e tecnológicas em que se encontram são determinantes para a variação das condições de térmicas desejáveis.

De um modo geral, a sensação de conforto térmico consiste no “*estado de espírito que expressa satisfação com ambiente térmico*”(Fanger, 1970). O ambiente térmico de um espaço interior de um edifício é, assim, determinante para a obtenção das condições de conforto térmico dos ocupantes, ou seja, quando estes nem sentem calor nem frio.

No entanto, a satisfação dos ocupantes face ao ambiente térmico está dependente de diversos fatores físicos relacionados com as trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente em que se encontra, e de fatores de natureza social, cultural e psicológicos relacionados com as diferenças na perceção e na resposta a estímulos sensoriais (Matias, 2010).

Em relação ao ambiente térmico, este é definido por uma envolvente constituída por materiais e características específicas que fazem parte do edifício. O edificado alvo deste estudo está relacionado com os edifícios antigos, maioritariamente incluídos nos centros históricos das cidades, e que são um relevante espólio no contexto da reabilitação termo energética do edificado existente.

Será neste contexto que se pretende desenvolver um estudo de forma a verificar as condições de conforto térmico dos ocupantes em edifícios antigos, em que a especificidade arquitetónica inviabiliza, na maioria dos casos, alterações intrusivas à estética e à forma original da envolvente.

Quanto aos sistemas de climatização, é comum verificar-se consumos energéticos elevados devido a uma utilização massiva de sistemas de ar condicionado em detrimento de sistemas alternativos com consumos mais reduzidos e não prejudiciais ao ambiente. Assim, torna-se fundamental garantir a melhoria das características de comportamento térmico dos elementos que constituem a envolvente do edifício, principalmente numa perspetiva de conservação de energia, permitir o reforço de numerosas vantagens (maior durabilidade da construção e uma maior estanquidade do edifício) e, ainda, de promover a utilização de tecnologias de baixo custo energético (Matias, 2010).

Deste modo, um sistema de climatização por pavimento radiante pode garantir o aquecimento do ambiente interior sem interferir com a envolvente, uma vez que, na maioria dos casos de edifícios antigos, importa preservar o seu valor arquitetónico.

Por isso, foi essencial verificar as condições de conforto em espaços climatizados através de aquecimento por pavimento radiante, bem como, em espaços sem climatização de forma a efetuar uma avaliação do conforto térmico dos seus ocupantes.

Embora o estudo seja orientado para espaços com aquecimento por pavimento radiante, foram também determinadas as condições de conforto em espaços com outro tipo de sistema de aquecimento, bem como, em espaços sem aquecimento. Desta forma, foi possível comparar os resultados das condições ambientais dos espaços interiores.

Este estudo foi realizado com o intuito de determinar e comparar os diversos parâmetros e fatores inerentes ao conforto térmico e à perceção térmica dos ocupantes e foi desenvolvido em condições reais de utilização, em espaços aquecidos e não aquecidos de edifícios antigos.

1.2 Objetivo do trabalho

O objetivo fundamental deste estudo consistiu em verificar a viabilidade de utilização de pavimento radiante na otimização das condições de conforto térmico em edifícios antigos. Deste modo, foram estimados e comparados os parâmetros físicos e psicossociais relacionados com o conforto térmico obtidos em ambientes interiores dos edifícios antigos.

Para a execução deste trabalho, procedeu-se à seleção dos espaços interiores de forma a possibilitar o estudo do ambiente térmico e, posteriormente, desenvolver uma análise das condições do ambiente interior e da opinião dos seus ocupantes em relação à sua situação de conforto térmico.

No que respeita à verificação das condições de conforto, esta foi realizada em espaços com sistema de aquecimento por pavimento radiante e em espaços sem qualquer sistema de climatização, ou com sistema alternativo para aquecimento.

Para a prossecução desta investigação foram identificadas algumas tarefas essenciais que permitiram uma melhor orientação do estudo:

- Caracterização do edificado em Portugal atendendo ao seu estado de conservação e qualidade térmica;
- Equacionar os requisitos do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) face à intervenção em edifícios antigos e à análise do edificado no contexto e abordagem do RCCTE.
- Seleção e caracterização dos ambientes interiores de espaços com aquecimento por pavimento radiante e sem aquecimento;
- Determinar as vantagens e desvantagens associadas ao sistema de pavimento radiante hidráulico;
- Comparar as condições ambientais interiores entre espaços não climatizados e espaços climatizados, nomeadamente com pavimento radiante;
- Análise das condições de conforto térmico baseadas no modelo adaptativo e do modelo de Fanger, em condições reais de utilização;
- Prever ou equacionar as circunstâncias inerentes à perceção térmica dos ocupantes de edifícios antigos e estimar alterações no âmbito da melhoria do conforto térmico dos ocupantes.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação foi desenvolvida a partir de pesquisas bibliográficas, registos estatísticos, plantas dos edifícios, seguindo-se o estudo do trabalho de campo. A pesquisa no terreno envolveu o contacto com vários edifícios antigos, onde se recolheu informação necessária para a análise das condições de conforto térmico e a verificação da viabilidade de utilização do sistema de pavimento radiante hidráulico, de acordo com as normas vigentes relativas às exigências de conforto térmico.

Em termos de estrutura, o presente trabalho encontra-se dividido em diferentes partes interligadas seguindo uma abordagem lógica e sequencial.

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do tema de trabalho, onde subjaz uma análise relativa à utilização de pavimentos radiantes em edifícios antigos, cujo objetivo atenta às situações de melhoria das condições de conforto interior. Seguidamente, são identificados os objetivos que nortearam a presente investigação, assim como, a estrutura do trabalho desenvolvido.

O capítulo seguinte corresponde ao estado da arte. Neste ponto são enumerados os princípios inerentes ao conforto térmico e ao edificado. São conhecidas algumas considerações sobre fontes de calor e instalação de pavimentos radiantes.

De seguida, no capítulo três, é apresentada a metodologia de investigação. Para a recolha de dados empíricos optou-se, numa primeira fase, pela seleção de edifícios que apresentassem as características necessárias de modo a ser possível o estudo por comparação entre ambientes interiores, nomeadamente com aquecimento, ou não, por sistemas de climatização por pavimento radiante e, eventualmente, com sistemas alternativos. Posteriormente, numa segunda fase, procedeu-se à medição dos diversos parâmetros ambientais no interior dos espaços selecionados para o estudo e foi aplicado um inquérito por questionário, para preenchimento dos ocupantes, de forma a poder obter informação relativa aos diversos parâmetros individuais e psicossociais em condições reais de utilização.

No capítulo quatro são apresentados os resultados do estudo realizado e os dados correspondentes à informação recolhida através da medição dos parâmetros ambientais, interiores e exteriores, das grandezas físicas e do processo de inquirição dos ocupantes sobre a perceção e conforto térmico.

No capítulo cinco, são conhecidas as conclusões e as perspetivas futuras relacionadas com o padrão de conforto térmico.

Por último, salienta-se que a base de apoio e sustentação teórica sobre o tema em análise foi suportada pelas respetivas referências bibliográficas, bem como pelas posições analíticas e conceituais dos teóricos que as sustentam.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Ambiente térmico

Um espaço ambiente termicamente confortável resulta da conjugação de vários fatores, relacionados entre si, os quais se consubstanciam na composição da envolvente quanto à componente estrutural e características dos materiais, no sistema de climatização e da sua utilização, e na relação dos ocupantes, bem como, da influência das atividades que desempenham.

O conforto térmico dos ocupantes de um edifício, além de estar relacionado com as trocas de calor existentes com as superfícies envolventes, depende de diversos parâmetros físicos e psicossociais.

De seguida, são apresentados os diversos conceitos inerentes ao parque edificado antigo e ao conforto térmico, para, posteriormente, serem tecidas algumas considerações acerca das fontes de calor e sistemas de climatização, nomeadamente pela utilização de pavimento radiante.

2.2 Parque Edificado

2.2.1 Património e edificado corrente

Em Portugal, nos últimos anos, verificou-se uma crescente preocupação com o aproveitamento da energia solar para redução dos consumos energéticos dos edifícios, ou seja, no uso passivo da energia solar e no recurso a técnicas vernaculares. A utilização de materiais nacionais tradicionais como as rochas (granito, xisto ou calcário), associados a fatores como a localização, permite melhores resultados ao nível da inércia térmica dos edifícios e o retorno dos valores da arquitetura tradicional, tornando-a mais sustentável, quer do ponto de vista energético quer do ponto de vista construtivo, ou seja, a promoção da arquitetura vernacular.

O entendimento em torno da intervenção em património arquitetónico gera muitas dúvidas e incertezas quanto ao posicionamento disciplinar mais adequado para a condução de ações de reabilitação, particularmente, quando estas se referem ao importante e vasto património contido nos antigos centros das cidades, maioritariamente constituídos por edifícios de arquitetura corrente.

O conceito de património dos edifícios antigos de arquitetura corrente passou a ser referência do termo “património urbano”. A carta internacional sobre a salvaguarda das cidades históricas (definida pelo International Council on Monuments and Sites - ICOMOS) realça a necessidade de

integrar o plano de salvaguarda dos centros históricos no âmbito do planeamento urbano e das políticas de desenvolvimento da cidade (Póvoas, *et al.*, 2011).

A necessidade de uma gestão sustentável e estratégica dos núcleos urbanos antigos é defendida na Carta de Cracóvia que define os princípios para a conservação e o restauro do património construído (ICOMOS, 2000). Esta mesma carta apresenta, ainda, uma clarificação de conceitos como identidade e autenticidade, de tão ampla, quanto ambígua utilização, particularmente no caso de edifícios correntes que se caracterizam, justamente, por constituírem exemplos de construções que, com frequência, foram objeto de intervenções ao longo da sua vida útil, sem que das mesmas, em regra, exista um registo documental satisfatório (Póvoas, Teixeira & Giacomini, 2011).

A intervenção em edifícios antigos deve conciliar a manutenção de técnicas e sistemas construtivos originais, que fazem parte de um conjunto de valores culturais materializados no edifício, com a necessária adaptação do mesmo às novas exigências de uso e desempenho físico das construções.

2.2.2 Importância da requalificação dos edifícios antigos no património edificado

De acordo com estimativas publicadas pela Euroconstruct – Portugal, em 2005, a atividade de reabilitação de edifícios representava, na Europa, em média, cerca de 45% do volume total de investimento na construção (Figura 2.1), enquanto que, para o caso português, a mesma estimativa representava um valor na ordem dos 23%, conforme apresentado na Figura 2.1 (Martins, 2005).

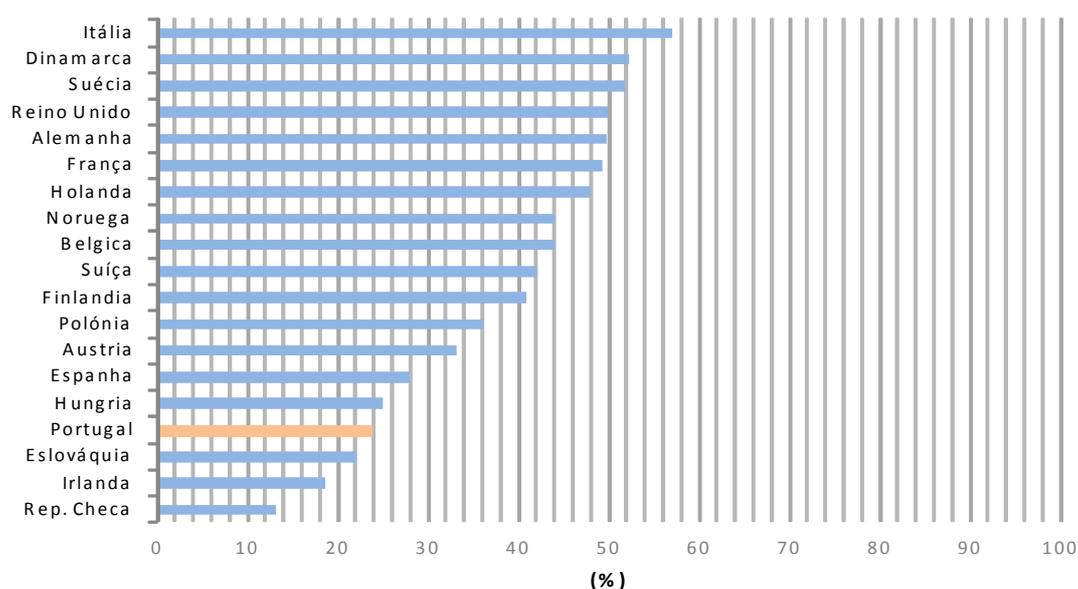


Figura 2.1 Atividade de reabilitação [adaptado de (Martins, 2005)]

Como a maioria dos edifícios do parque habitacional português foi construída após 1970, as elevadas taxas de crescimento do parque habitacional, durante as últimas décadas, fizeram com que, em 2011, uma parte significativa dos edifícios existentes fosse relativamente recente (Figura 2.2).

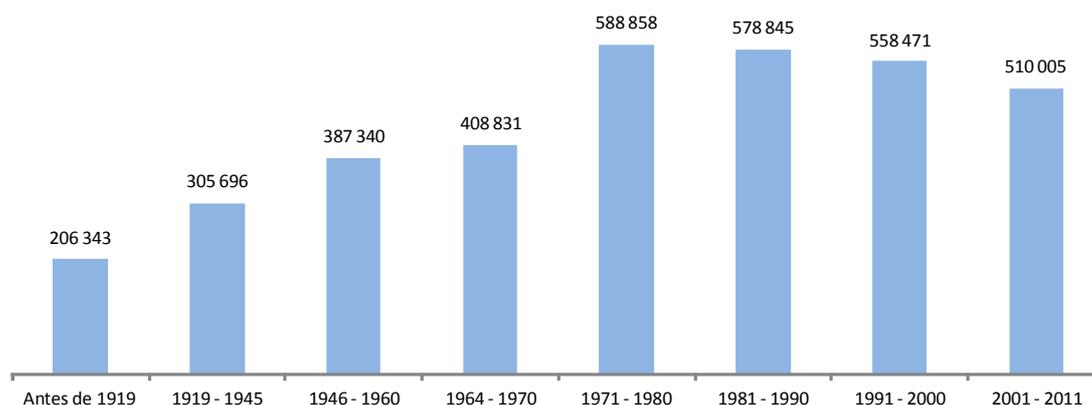


Figura 2.2 Proporção de edificado existente por época de construção (LNEC, 2013)

Do total de edifícios clássicos existentes em 2011 (3 544 389), os construídos a partir de 1971 constituíam 63,1% deste parque habitacional. Estes edifícios distribuíram-se de forma aproximadamente uniforme por cada uma das décadas sendo, contudo, de assinalar uma tendência de ligeira redução do número de edifícios nas últimas décadas. Os edifícios construídos entre 1946 e 1970 representavam 22,5% do parque habitacional português e os edifícios com mais de 65 anos (anteriores a 1946) representavam os restantes 14,4% (Figura 2.3).

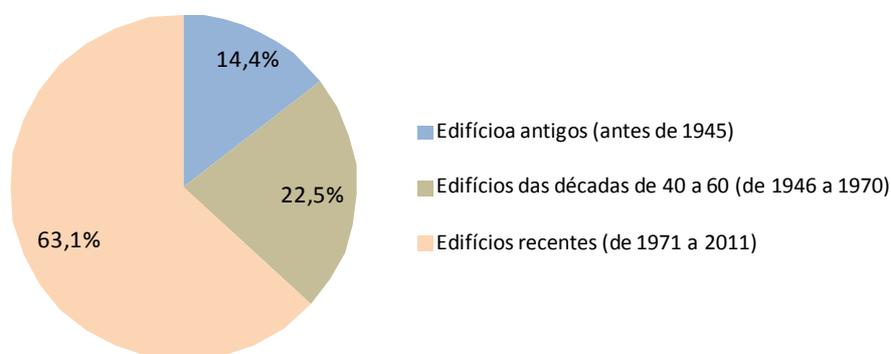


Figura 2.3 Edificado existente por época de construção (LNEC, 2013)

2.2.3 Consequências futuras

O predomínio da construção nova em detrimento da reabilitação tem particular incidência no aspeto ambiental e paisagístico, com a deterioração do parque edificado existente. Esta situação gera consequências económicas e sociais para as pessoas levando, muitas vezes, ao abandono dos centros históricos. Esta é uma realidade cada vez mais comum em grande parte das grandes cidades portuguesas.

Segundo dados estatísticos publicados pelo INE, em 2011, relativos à época de construção do edifício, verifica-se que cerca de 8% do total dos edifícios clássicos construídos até 1945 se encontravam muito degradados (para edifícios construídos antes de 1919, esta proporção era de 11%), tal como demonstra a Figura 2.4 (INE, 2011).

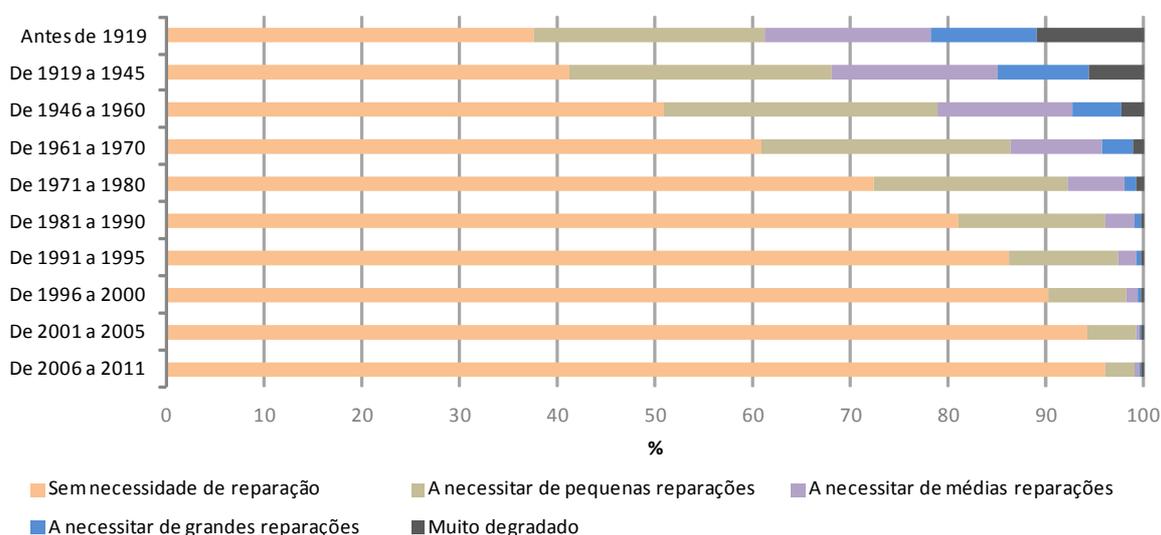


Figura 2.4 Proporção de edifícios clássicos por época de construção e estado de conservação (INE, 2011)

Uma outra situação verifica-se com opções menos informadas, ou cuidadas, que podem afetar definitivamente a qualidade da intervenção, quando, em fase de projeto, ou em obra, são adotadas soluções que não têm em consideração os requisitos necessários à salvaguarda do valor patrimonial associado ao edifício em causa. Esta situação verifica-se no tipo de degradação visível, derivada do abandono do aspeto original do edifício aquando da intervenção, ou no simples facto de o deixar cair em ruína, tornando-se incontornável a sua recuperação (Póvoas *et al.*, 2011).

No entanto, quando se tratar de reabilitações é urgente encontrar meios para reabilitar edifícios de forma eficaz, eficiente e rentável do ponto de vista económico, de modo a atingir as metas de

balanço energético / emissões de carbono quase nulo(as). A Diretiva para Desempenho Energético dos Edifícios, EPBD - recast (Diretiva 2010/31/EU) introduziu novos objetivos para a redução do consumo energético em todos os edifícios de acordo com a Estratégia 20-20-20 (2007), que consiste na redução em 20% das emissões de carbono, no aumento em 20% da eficiência energética, e na utilização de 20% de energia obtida de fontes renováveis (EPBD, 2010).

2.2.4 Caracterização do parque edificado

A norte de Portugal, verifica-se que o património edificado é constituído por uma significativa sistematização no sistema construtivo das suas casas, que se traduz num certo grau de “homogeneidade”, quer tipológica quer construtiva, bem como no tipo de material mais utilizado, designadamente o granito.

A evolução nas construções, ainda numa fase anterior ao século XX, teve reflexos naturais na tipologia dos seus edifícios, pelo que uma adequada caracterização deste conjunto exige a sua divisão em grupos de edifícios, que tenham partilhado, na sua origem, um conjunto significativo de elementos distintivos (Póvoas *et al.*, 2011).

De uma forma geral, na construção das paredes exteriores, as pedras mais utilizadas eram o granito e o xisto. As paredes eram depois rebocadas com argamassa de cal, resultando fachadas lisas de cor branca ou decoradas com azulejaria entre outros materiais (Figura 2.5). As aberturas para as janelas e as portas eram suportadas por lintéis que podiam ser de madeira ou de pedra. Os pavimentos interiores eram realizados em madeira. A inclinação dos telhados é reduzida pelo que os sótãos são pequenos, possuindo, por vezes, a função de arrumos. Os telhados possuem uma estrutura simples, com ripado coberto por telha de canal ou de canudo assente com argamassa de travamento.



Figura 2.5 Exemplos de Edifícios Antigos localizados em Braga

As casas nobres distinguem-se da casa popular e da casa burguesa pelo emprego de cantaria nas cornijas, nos cunhais, varandas e, principalmente, como guarnição dos vãos que conferem maior valor decorativo às fachadas (Luso, Lourenço & Almeida, 2011).

Numa intervenção, é necessário ter em conta uma atuação pouco intrusiva de forma a manter o mais possível a sua originalidade. No entanto, o modelo construtivo da intervenção pode condicionar, por exemplo, o isolamento dos elementos da envolvente tornando-a suscetível ao desconforto dos ocupantes face às condições de conforto térmico interior.

2.2.5 Classe energética do parque edificado

Os edifícios antigos são uma parte relevante do parque edificado existente, daí que seja fundamental, durante as intervenções no edificado, que se tenha em vista a melhoria do desempenho energético. No passado, a construção não tinha em conta a sua otimização energética, nem a minimização dos seus efeitos ambientais.

De acordo com a ADENE (Agência para a energia), dos certificados energéticos emitidos para edifícios/frações autónomas residenciais existentes, cuja data de construção é posterior a 1900, foi possível identificar o seguinte (Martins, Torres & Martins, 2011):

- 58,6% dos edifícios existentes têm classe de eficiência energética entre B- e D, sendo que a classe de eficiência energética mais frequente é a C (33,5%);
- Cerca de 98% dos edifícios construídos entre 1900 e 1950 têm classe de eficiência energética B- ou inferior, com um peso muito elevado das classes entre G e E (dos edifícios construídos até 1900, cerca de 40% tem classe de eficiência energética entre G e E, passando esta percentagem para os 35,6% nos edifícios construídos até 1950);

O gráfico da Figura 2.6 mostra a existência de uma tendência gradual para o agravamento da classe de eficiência energética em edifícios mais antigos.

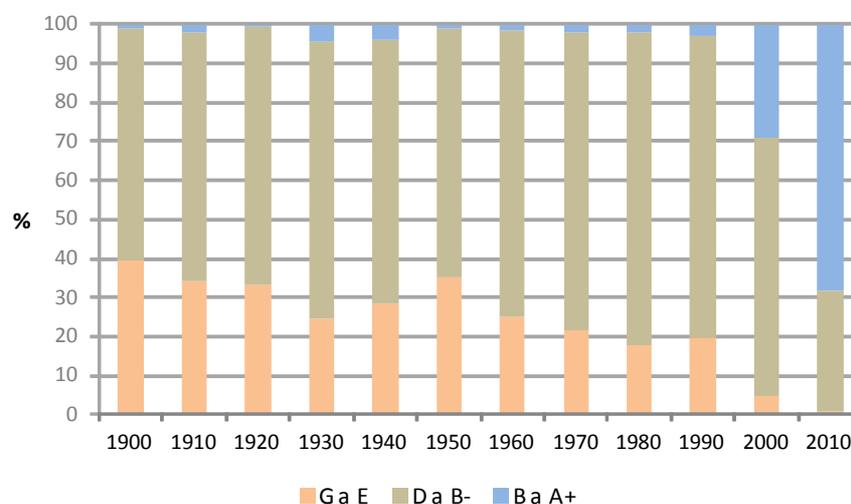


Figura 2.6 Classe de eficiência energética de edifícios existentes, por ano de construção (Martins et al., 2011)

2.2.6 Enquadramento e exigências legais RCCTE

Com a introdução, em 2009, da exigência da certificação energética, no âmbito da reabilitação dos edifícios, passou a estar ao dispor dos proprietários/utilizadores informação relativa às características dos imóveis, relacionada com o seu comportamento energético.

A existência do certificado energético (CE) veio sensibilizar e despertar nos utilizadores das habitações e serviços a procura deste sistema de rotulagem, introduzindo uma dinâmica e interesse no conhecimento de reabilitação dos edifícios.

Com a introdução do Decreto-Lei n.º 80/2006 (RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), que regula as metodologias de estudo dos edifícios e determina, aquando de uma intervenção na sua reabilitação de valor superior a 25% do seu custo de referência (conforme o custo estipulado €/m² em virtude da zona do país, fixado por portaria), que as recomendações patentes numa eventual CE passem a ser de implementação obrigatória, uma vez que o modelo de caracterização passa a ser passível de licenciamento num formato prévio de uma Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR), onde as exigências legais de teor construtivo sejam iguais às de um novo edifício (RCCTE, 2006).

Dividem-se em duas áreas as exigências no âmbito de certificação energética de imóveis antigos (RCCTE, 2006):

- a) Os que não necessitam de obras de reabilitação, renovação e requalificação, ou cujo valor não ultrapassa 25% do custo de referência anteriormente indicado, sendo exigida a realização de um CE, de carácter informativo e de análise simplificada, onde os valores máximos admissíveis pela legislação podem ser ultrapassados.
- b) Os que necessitam de uma intervenção de valor superior a 25% do custo de referência, sendo exigido uma DCR vinculativa, onde esses valores máximos não podem ser ultrapassados, obrigando a intervenções, por vezes profundas, nos elementos construtivos dos edifícios, interferindo com o que os caracteriza e diferencia, como sejam revestimentos existentes e os sistemas construtivos utilizados.

A legislação prevê a exceção em intervenções de remodelação, recuperação e ampliação de edifícios, em zonas históricas ou em edifícios classificados. No entanto, muito do parque habitacional está localizado em zonas rurais, na periferia das cidades e na malha urbana das cidades mas fora do perímetro das zonas históricas. Quando se verifica que este edificado possui características que importam preservar, é dada ênfase a uma intervenção com o mínimo de impacto possível, sem que se altere o aspeto original a manter ou preservar, ou seja, intervenções pouco intrusivas.

2.2.7 Potenciais pontos de conflito com o RCCTE

Os elementos construtivos, materiais de construção e sistemas utilizados (aquecimento e arrefecimento, por exemplo), devido às suas características estão subjacentes à forma original do edifício que importa preservar, de modo que:

- A envolvente de um edifício pode impossibilitar a aplicação de isolamento ou correção de pontes térmicas pelo exterior, devido ao impacte visual na fachada granítica ou em azulejo, por exemplo;
- As características dos vãos envidraçados, na maioria dos casos, obriga à preservação do material e geometria originais (com influência nas ombreiras, padieiras e peitoris);

- A instalação de coletores solares pode ser impossibilitada por questões de sombreamento por elementos urbanos contíguos e/ou devido ao impacto visual que pode inviabilizar a sua instalação nos telhados;
- A introdução de dispositivos de oclusão noturna pelo exterior, ou de sistemas de sombreamento, pode ser inviável devido ao facto de alterarem a fachada original.

Portanto, é essencial uma intervenção pouco intrusiva, de forma a possibilitar a melhoria das condições de conforto térmico no interior dos edifícios e de modo a permitir a qualidade da envolvente, minimizando as trocas de calor e as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações.

Mas intervir na envolvente pode não ser suficiente, ou seja, pode ser necessário o recurso a sistemas de climatização para melhorar o ambiente térmico, tornando-o confortável.

A estratégia de climatização, nomeadamente através do recurso ao pavimento radiante, pode ser adequada, no entanto, importa verificar as condições ambientais interiores e a sensação dos seus ocupantes relativamente ao conforto térmico.

2.3 Conforto Térmico

2.3.1 Conforto térmico e a temperatura do pavimento

O conforto térmico, tal como já foi referido, advém do estado de espírito que expressa satisfação sobre as condições térmicas do espaço envolvente. O qual depende do estado fisiológico da pessoa e que varia desde o muito frio até ao muito quente.

O conforto térmico está relacionado com as trocas de calor existentes entre o corpo humano e o ambiente. Este é fundamental para que exista equilíbrio térmico entre o corpo e o meio ambiente de forma a manter a temperatura interior do corpo em níveis normais.

O perfil ótimo de temperaturas indicia que a temperatura do ar deve ser superior na parte inferior do corpo e deve haver uma redução gradual até à altura da cabeça - "Pés quentes cabeça fria" (UPONOR, 2011).

A temperatura de um pavimento interior deve estar entre 19°C e 26°C, exceto em pavimentos radiantes, situação em que pode atingir os 29°C. Se as pessoas estão calçadas, o material de

acabamento do pavimento não é importante. Se as pessoas estiverem descalças, o material de acabamento do pavimento torna-se significativo (Silva, 2011).

Portanto, as condições ambientais interiores desejadas pelos ocupantes de um espaço dependem da intensidade de radiação da temperatura dissipada pelo pavimento, quando o sistema de aquecimento se trata de pavimento radiante.

2.3.2 Balanço térmico do corpo humano

A sensação térmica de um ocupante está dependente do balanço térmico entre as trocas de calor do corpo (perdas e ganhos de calor) com o meio ambiente envolvente. Quando os ganhos de energia térmica do corpo são semelhantes às perdas, existe uma sensação de neutralidade térmica.

As atividades desenvolvidas pelo ser humano geram calor ao corpo, que é dissipado para o ambiente, sendo conveniente que não acarrete um aumento ou diminuição exagerado da temperatura interna e se mantenha o equilíbrio térmico. Essa dissipação resulta de mecanismos de trocas térmicas através da superfície da pele ou da respiração (Silva, 2010).

A dissipação pode ocorrer através de diversos mecanismos: pelo efeito da radiação, da convecção, da condução e pela evaporação (Figura 2.7).

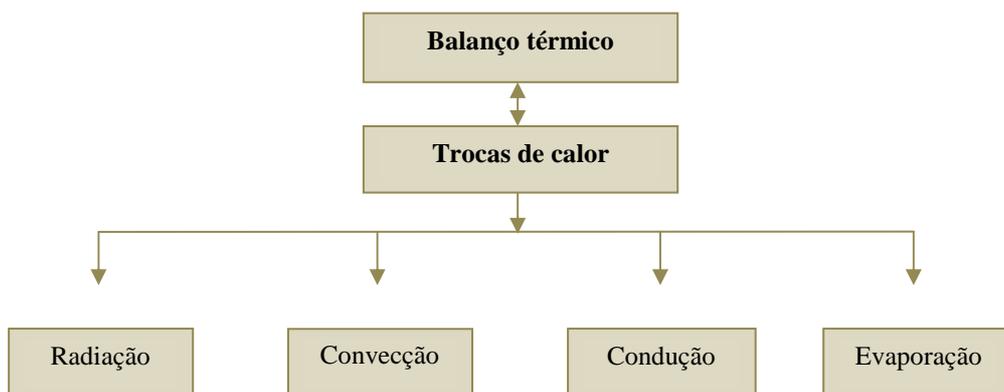


Figura 2.7 Mecanismos gerados pelas trocas de calor

O balanço térmico do corpo humano está relacionado com a energia produzida no interior do corpo em função das perdas térmicas para o exterior.

A temperatura interior de um ser humano deverá ser superior a 28 °C e inferior a 46 °C de modo a evitar sérios problemas cardíacos e de arritmia, ou danos cerebrais irreversíveis (Silva, 2006). Assim, é fundamental um adequado controlo térmico. É essencial proporcionar condições exteriores de forma a reduzir ao mínimo a necessidade do corpo utilizar os seus mecanismos de regulação térmica – Conforto Térmico (ASHRAE, 2010).

2.3.3 Equilíbrio térmico e conforto térmico

Para se garantir o conforto térmico é preciso haver equilíbrio entre o calor produzido pelo metabolismo e o calor perdido pelo corpo.

O equilíbrio térmico consiste em manter a temperatura interna do corpo estável num dado ambiente, independentemente da dissipação de calor gerado pelo corpo humano devido à atividade que exerce.

Em certas situações, o organismo para manter o equilíbrio térmico necessita de recorrer a meios de controlo sobre os mecanismos de trocas de calor entre o corpo e o meio ambiente (termorregulação). Estas situações ocorrem quando o ambiente térmico exige uma maior ou menor produção de energia para equilibrar as trocas de calor (Silva, 2010).

Portanto, o equilíbrio térmico pode ser alcançado sob condições de desconforto graças aos mecanismos de termorregulação do corpo humano. Assim, de um ponto de vista puramente fisiológico, pode-se considerar que existe conforto térmico quando os mecanismos termorreguladores do corpo se encontram num estado de atividade mínima.

Quando as condições ambientais e individuais conduzam a um estado de equilíbrio térmico sem o recurso aos mecanismos de autorregulação, diz-se que existe neutralidade térmica, ou seja, conforto térmico.

O conforto térmico (Figura 2.8) é influenciado por parâmetros físicos relacionados com fatores ambientais e individuais, e por parâmetros subjetivos baseados em fatores psicossociais. Dos fatores ambientais salienta-se a temperatura e a velocidade do ar, e nos fatores individuais destacam-se a atividade física, com reflexo no metabolismo, e o vestuário devido à sua resistência térmica.

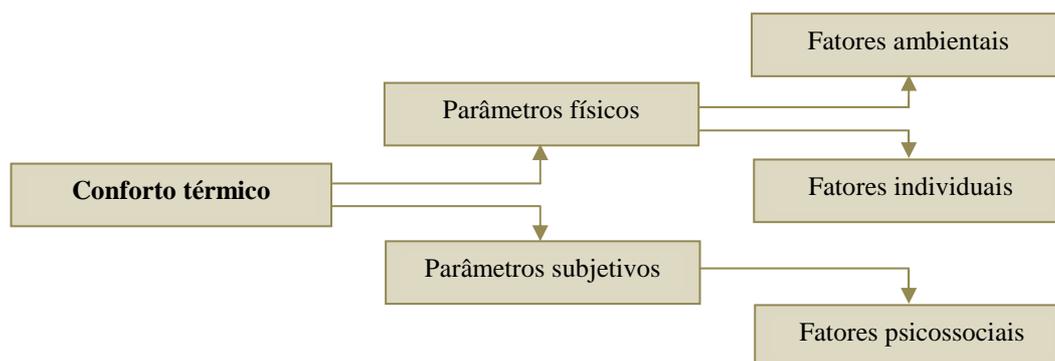


Figura 2.8 Parâmetros e fatores que influenciam o conforto térmico

De seguida são descritos os parâmetros e fatores que influenciam o conforto térmico tal com está descrito no esquema da Figura 2.8.

2.3.3.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos dividem-se em fatores ambientais e individuais que determinam as trocas térmicas entre um indivíduo e o ambiente circundante.

a. Fatores ambientais

a1. Temperatura do ar

A temperatura do ar, T_a ($^{\circ}\text{C}$), também designada por temperatura de bolbo seco do ar, influencia as trocas de calor por convecção entre o corpo e o ambiente envolvente. O calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e libertado para o ambiente, sendo a sua perda relacionada com os valores de temperatura (quanto mais alta a temperatura, menor será a sua perda).

A temperatura do ar de um espaço ambiente interior é influenciada, para além dos constituintes da envolvente (paredes, pavimentos, tetos, envidraçados, luminosidade), pelos intervenientes nesse espaço (mobiliário, sistemas de climatização), bem como pela relação com a presença humana, seja de um indivíduo ou de um universo maior.

a2. Temperatura média radiante ou temperatura média de radiação

De uma forma geral, a temperatura média radiante, T_{mr} ($^{\circ}\text{C}$), pode ser definida como sendo uma média ponderada das temperaturas superficiais envolventes do espaço onde se encontra um indivíduo, incluindo ainda o efeito da radiação solar incidente (Almeida & Silva, 2007).

Portanto, a temperatura média radiante considerada em determinado espaço é determinante para a quantificação das trocas de calor por radiação entre o corpo humano e as superfícies envolventes.

a3. Humidade Relativa

A humidade do ar em conjunto com a velocidade do ar conduz a uma perda de calor por efeito da evaporação. O aumento da temperatura de um dado espaço vai dificultar as perdas de calor por convecção e radiação e, por conseguinte, o organismo aumenta as perdas por evaporação.

A humidade do ar é geralmente expressa em termos relativos ou absolutos e é determinante para as perdas de calor por evaporação do corpo humano para o meio ambiente.

a4. Velocidade do ar

A velocidade do ar, V_a (m/s), em geral menor que 1m/s, ocorre em ambientes interiores sem ter necessariamente a ação do vento. A velocidade do ar está relacionada com as trocas de calor por convecção na variação das perdas de calor por efeito da evaporação do corpo humano, reduzindo a sensação de calor.

O ar a circular a uma velocidade superior parecerá mais frio e as pessoas com atividades sedentárias estão mais sujeitas a correntes de ar, ou arrefecimento indesejado, daí que este parâmetro influencie a perceção, seja do conforto térmico global ou do desconforto localizado (corrente de ar) (EN ISO 7730, 2005).

b. Fatores individuais

b1. Atividade Metabólica

A atividade física de um indivíduo resulta da quantificação da taxa de metabolismo, M , que é definida pela produção de energia obtida pelo organismo através do consumo de alimentos por unidade de tempo (J/s).

Para designar a taxa de metabolismo é utilizado o *met*, em que 1 met corresponde à taxa de metabolismo, por unidade de área corporal, de um indivíduo em posição sentada e em estado de repouso ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$) (EN ISO 8996, 2004).

No Quadro 2.1 apresentam-se alguns exemplos de atividades e respetivas taxas metabólicas.

Quadro 2.1 Atividades físicas e taxas de metabólicas correspondentes
(ASHRAE 55, 2010; EN ISO 7730:2005)

Atividade física	Taxas metabólicas	
	(W/m ²)	(met)
Repouso, deitado	46	0,5
Repouso, sentado	58	1,0
Repouso, em pé	70	1,2
Atividade ligeira, sentado (escritório, escola, laboratório)	70	1,2
Atividade ligeira, em pé (compras, indústria ligeira)	93	1,6
Atividade média (vendedor, trabalho doméstico, trabalho com maquinaria)	116	2,0
Atividade pesada (trabalho com maquinaria pesada, trabalho de garagem)	174	3,0
Andar à velocidade de 2km/h	110	1,9
Andar à velocidade de 3km/h	140	2,4

Importa referir que a atividade física de um indivíduo está relacionada com a média das diferentes atividades exercidas durante um determinado período de tempo (geralmente uma hora) e as mesmas deverão ser ponderadas tendo em conta o tempo despendido para cada uma.

b2. Resistência térmica da roupa

O vestuário é definido como a primeira resistência às trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente.

A atividade física dos movimentos corporais e a postura, assim como a influência da velocidade do ar, podem induzir a ventilação através do vestuário e proporcionarem transferência de calor para o ambiente que rodeia o indivíduo (Hutcheon & Handegord, 1983).

O vestuário utilizado por um indivíduo pode ser quantificado pela sua resistência térmica, I_{cl} , expressa em $\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$, que caracteriza o isolamento entre a pele e a superfície exterior do vestuário (EN ISO 9920, 2007).

À semelhança da atividade metabólica, a resistência térmica do vestuário é representada por uma unidade própria. A unidade utilizada para caracterizar o efeito de isolamento proporcionado pela roupa, no conforto térmico, é o clo. Assim, 1 clo é o equivalente a $0.155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W}$ (Krieder & Rabl, 1994).

2.3.3.2 Parâmetros subjetivos

A percepção do conforto térmico, além dos parâmetros físicos referidos anteriormente, está relacionada também com diferentes fatores de percepção de teor sociocultural e psicológico baseadas na resposta a estímulos sensoriais, fruto de vivências térmicas passadas e da experiência dos indivíduos relativamente aos espaços que ocupam (Baker & Standeven, 1996).

Não obstante aos fatores enumerados, outras características são englobadas na percepção do conforto térmico pelos indivíduos, nomeadamente as de ordem demográfica, tal como o género e a idade; as de natureza contextual, desde o design e tipo de edifício, o clima ou a estação do ano, assim como o condicionamento social; e os indicadores cognitivos, designadamente, as atitudes, preferências e as expectativas dos indivíduos em relação ao ambiente térmico.

2.3.4 Avaliação do conforto térmico

O objetivo primordial para determinação do conforto térmico consiste na obtenção dos valores da equação do conforto térmico, ou seja, medir e estimar os diversos fatores e parâmetros mencionados em 2.3.2. A este processo está inerente uma análise objetiva e subjetiva das condições de conforto térmico. De seguida, apresentam-se os diversos modelos de análise.

2.3.4.1 Modelo de Fanger

Uma grande parte dos estudos baseados no conforto térmico tem a particularidade de estarem relacionados com os trabalhos de Fanger (1970). Em investigações efetuadas com seres humanos, recorrendo a câmaras com clima completamente controlado, obteve resultados mais específicos e centrados na sensação das pessoas, no seu vestuário e nas atividades desempenhadas.

A teoria de Fanger (1970) prevê a utilização de dois índices, o PMV (Voto Médio Previsto ou Predicted Mean Vote) que consiste em determinar o nível de satisfação das pessoas relacionada com a sua sensação térmica. Com recurso a uma escala de sete medidas simétricas, é possível visualizar que o ponto “0” corresponde ao conforto térmico e apresenta valores de 1 a 3 que podem ser positivos, correspondendo às sensações de calor, ou negativos, correspondendo às sensações de frio (Figura 2.9). O outro índice corresponde ao PPD (Percentagem Previsível de Desconfortáveis ou Predicted Percentage of Dissatisfied) que contempla a percentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente.

O cálculo do PMV/PPD foi a metodologia adotada pela ISO (International Organization for Standard) em 1984, dando origem à ISO 7730:1984 com as alterações subjacentes até à atualidade, e pela ASHRAE 55:1981 (Thermal environment conditions for human occupancy), sendo a atualização mais recente a ASHRAE 55:2010, bem como, pela EN 15251, modelo utilizado para situações de edifícios climatizados e não climatizados.

De forma a estimar o índice PMV/PPD é essencial determinar, quer os parâmetros ou fatores ambientais (temperatura ambiente e a média de radiação, humidade relativa, e velocidade do ar), quer os parâmetros individuais relacionados com a atividade desenvolvida e o vestuário. Os parâmetros obtidos são essenciais ao cálculo do índice PMV através da utilização de tabelas apresentadas na ISO. O PPD é determinado a partir do PMV (Figura 2.9).

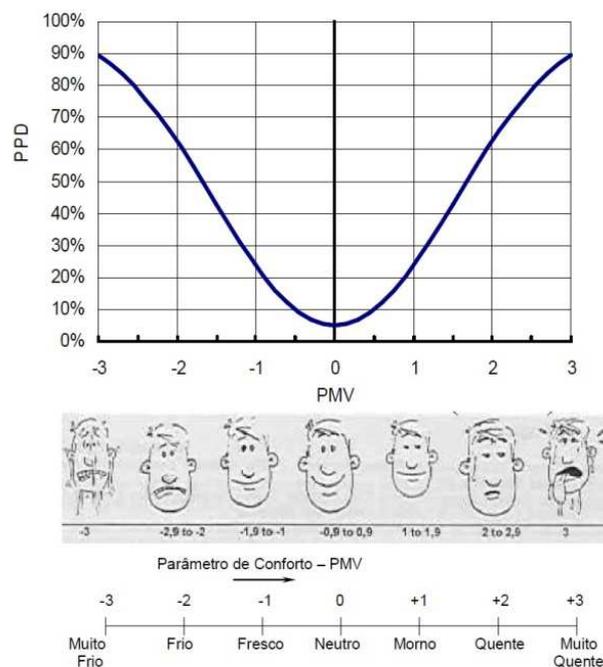


Figura 2.9 Índice PMV/PPD (ISO 7730:2007)

Na caracterização de um ambiente confortável, a norma ISO 7730:2007 recomenda um limite para o índice PMV-PPD, considerando o valor para PMV entre -0,5 e 0,5 e o PPD ser menor que 10%.

2.3.4.2 Conforto Térmico Adaptativo

A chamada teoria adaptativa apresenta uma versão diferente dos pressupostos da teoria de Fanger, ao dar primazia ao papel ativo do indivíduo sobre a procura de conforto térmico através da adaptação.

O desenvolvimento da abordagem adaptativa face ao conforto térmico tem por base o contexto real do edifício e a influência dos fatores psicossociais na definição das condições de conforto térmico. A adaptação resulta da combinação de diversos mecanismos fisiológicos de aclimatização (adaptação fisiológica) a que os ocupantes estão sujeitos, assim como os processos comportamentais e psicológicos (adaptação psicológica) a que recorrem de forma a obterem um ambiente interior adequado às suas exigências pessoais ou coletivas (De Dear, Brager & Cooper, 1997).

Um indivíduo pode adaptar-se a um dado ambiente interior de forma a sentir-se mais confortável através de ações comportamentais e alterações de fatores contextuais.

A análise da eficácia do efeito adaptativo depende da satisfação do ocupante, tendo em conta o controlo disponível (oportunidade adaptativa) vs controlo exercido (controlo adaptativo) vs perceção de controlo (relacionado com a dimensão psicológica) (Brager & De Dear, 1998; De Dear *et al.*, 1999).

Paciuk (1990) avaliou a relação entre as diferentes formas de controlo adaptativo enunciadas e concluiu que a perceção do grau de controlo é um dos fatores com impactos mais significativos na sensação de satisfação e conforto com o ambiente térmico. Isto significa que as pessoas expressam um nível de satisfação mais elevado quando têm controlo sobre as condições ambientes (Brager *et al.*, 1998).

A adaptação psicológica depende de diversas variáveis cognitivas e culturais, assim como da dimensão para a qual a habituação e expectativa influenciam a perceção térmica, na medida em que esta difere de indivíduo para indivíduo.

A percepção térmica (Figura 2.10) pode ser influenciada por diversos parâmetros de índole psicológica (Nikolopoulou & Steemers, 2003) com destaque para a naturalidade, expectativa, experiência, tempo de exposição e percepção de controle.

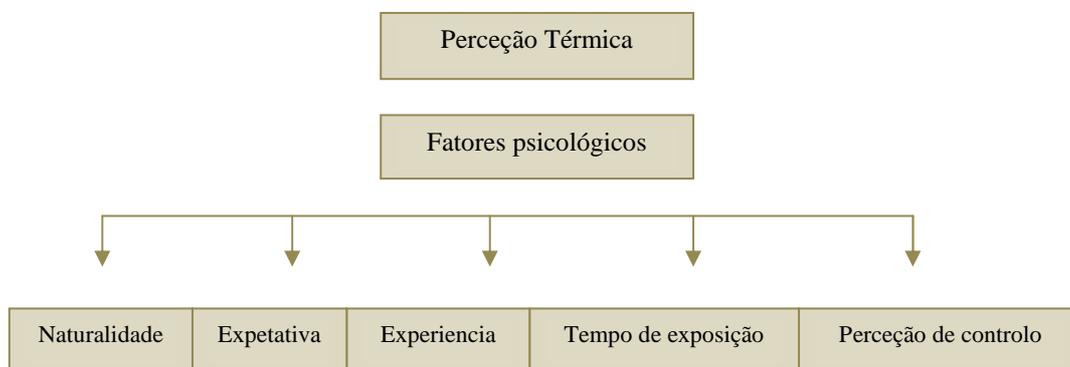


Figura 2.10 – Esquema da percepção térmica com influências de fatores psicológicos

Conforme foi descrito, a avaliação dos efeitos da percepção psicológica não pode ser realizada de forma quantificável tal como na adaptação física, por dificultar a análise da importância relativa de cada parâmetro (Nikolopoulou *et al.*, 2003). Será fundamental intervir criteriosamente sobre cada um dos parâmetros subjetivos relacionados com o conforto térmico.

O modelo de conforto térmico adaptativo consiste na análise da interação existente de um ocupante com o ambiente envolvente para obtenção das condições de conforto térmico. Portanto, os critérios de conforto devem considerar a capacidade e a necessidade que um ser humano tem em se adaptar, através da interação com o edifício e os sistemas, ou então pelos seus hábitos sociais e culturais. Este processo está relacionado com a verificação das condições reais (não controladas) de utilização do espaço durante a realização das medições dos parâmetros e da recolha dos questionários dos inquiridos, no que respeita à percepção térmica.

A adaptação térmica pode ser dividida em três categorias que permitem ações mais adequadas à exposição e adaptação ao meio ambiente, nomeadamente; a adaptação comportamental (individual, ambiental, ou cultural), a adaptação fisiológica (adaptação genérica ou aclimatização) e a adaptação psicológica (habituação ou expectativa) (Brager *et al.*, 1998, De Dear *et al.*, 1997).

A determinação do modelo adaptativo pode ser verificada, em condições de utilização de um espaço, através do registo dos parâmetros ambientais e do registo das condições da percepção

térmica. Assim, será possível obter a informação resultante da interação física e psicológica de um ocupante face a um espaço interior e verificar a necessidade de adaptação (Figura 2.11).

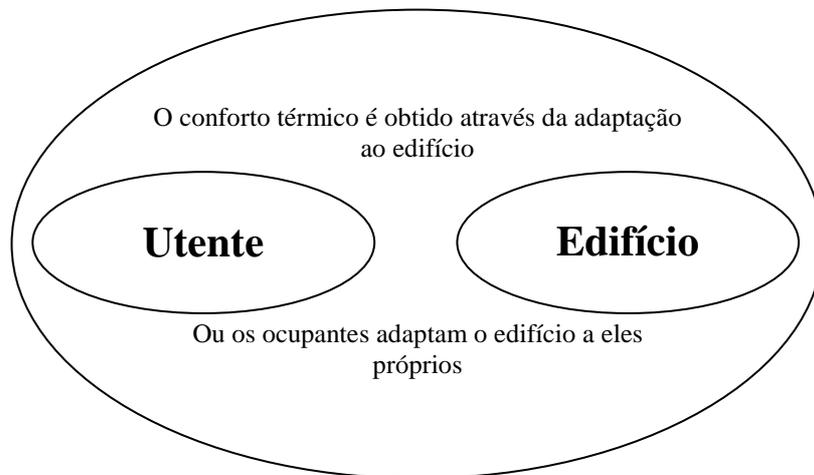


Figura 2.11 Esquema do mecanismo adaptativo [adaptado de (Matias, 2010)]

A oportunidade adaptativa é definida por vários fatores relacionados com o clima, poder económico, arquitetura do edifício, e também hábitos sociais, culturais e organizacionais (ASHRAE, 2010).

O modelo de conforto térmico adaptativo é pensado para situações onde os ocupantes têm a possibilidade de se adaptar ao ambiente (ajustar as roupas, abrir janelas para aumento da movimentação do ar) e, assim, encontrarem zonas de conforto térmico substancialmente maiores do que as normas racionais, possibilitando o dimensionamento de equipamentos de aquecimento e/ou arrefecimento com menor potência, originando menores consumos energéticos (Silva, 2011).

2.3.4.3 Índices de avaliação térmica

Os índices de avaliação térmica referem-se à previsão do conforto térmico e estão definidos na normalização internacional pela ASHRAE 55:2010 e na ISO 7730:2005. Em 2007 foi aprovada a norma EN 15251 que adota as recomendações especificadas na ISO 7730 para edifícios climatizados e um modelo adaptativo para edifícios não climatizados.

a. ISO 7730:2005

A norma EN ISO 7730 apresenta os métodos que permitem determinar a sensação térmica em termos da globalidade do corpo e o grau de desconforto de indivíduos expostos a ambientes térmicos moderados. Os índices térmicos PMV e PPD, anteriormente descritos (ver descrição em 2.3.4.1), são utilizados para especificar as condições térmicas aceitáveis no que respeita ao conforto térmico global. Enquanto que para o desconforto térmico localizado, a norma faz referência às condições necessárias para não ocorrerem este tipo de situações.

Na referida norma são, ainda, consideradas três categorias de ambientes térmicos, com diferentes níveis de exigência que diminuem da categoria A para a categoria C (Quadro 2.5).

O Quadro 2.2 apresenta os valores recomendados, para cada categoria, de forma que o ambiente térmico seja considerado aceitável (para pelo menos 65% dos seus ocupantes) em termos dos índices PPD e PMV (ISO 7730:2005).

Quadro 2.2 Ambientes térmicos e respetivas exigências (ISO 7730:2005)

Categoria	PPD (%)	PMV
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7

A categoria A (elevada expectativa) é recomendada pela norma para espaços ocupados por pessoas debilitadas e com necessidades especiais (jovens, crianças, idosos e deficientes), a categoria B deve ser utilizada para edifícios novos ou sujeitos a ações de reabilitação, e a categoria C, pode ser usada em edifícios já existentes.

Por exemplo, no caso de uma atividade comum desenvolvida num edifício de serviços, ou numa escola ($M = 1,2$ met), a gama de temperatura operativa recomendada para um ambiente da categoria B ($PPD < 10\%$) é; $24,5 \pm 1,5$ °C e $22,0 \pm 2,0$ °C, respetivamente para os períodos de verão (0,5 clo) e de inverno (1,0 clo).

b. EN 15251:2007

Na norma EN 15251:2007 são especificados os critérios de conceção a utilizar no dimensionamento dos sistemas, assim como os parâmetros físicos essenciais para os métodos de cálculo do

desempenho energético dos edifícios e na avaliação da qualidade do ambiente interior. Portanto, trata da qualidade do ambiente interior em edifícios (térmica, qualidade do ar, iluminação e ruído) e é fundamental no desempenho energético de edifícios novos e existentes.

Esta norma propõe duas metodologias de conforto térmico à semelhança da utilizada pela ASHRAE 55:2010. Assim, a primeira consiste na utilização dos índices PMV e PPD e a segunda recorre ao modelo adaptativo que resultou do projeto de investigação europeu SCATs (Smart Controls and Thermal Comfort), desenvolvido em vários países europeus (Nicol & Humphreys, 2010).

No que respeita aos edifícios climatizados na norma específica, as gamas de temperatura, ou os limites aceitáveis dos índices térmicos PMV e PPD, são baseados em critérios semelhantes aos adotados na norma EN ISO 7730:2005. Assim, os ambientes térmicos são classificados por categorias em função do grau de exigência pretendido para o edifício em análise e para os seus ocupantes (Quadro 2.3).

Quadro 2.3 Categorias de ambientes térmicos e gamas de temperaturas aceitáveis [adaptado de EN15251:2007; Matias, 2010]

Categorias	Descrição	Gama aceitável
I	Elevado nível de expectativa apenas usado em espaços ocupados por pessoas muito sensíveis e débeis	± 2 °C
II	Expectativa moderada (edifícios novos e reabilitados)	± 3 °C
III	Expectativa moderada (edifícios existentes)	± 4 °C
IV	Valores fora dos critérios acima estabelecidos	

Relativamente aos edifícios sem sistema de climatização, a norma EN 15251:2007 propõe um método adaptativo para a definição das condições aceitáveis de conforto térmico.

O estudo SCATs que fundamenta o modelo adaptativo adotado pela EN 15251:2007 apresenta, ainda, para além de uma equação geral, para o território europeu, das temperaturas interiores de conforto, equações específicas das temperaturas interiores de conforto para cada um dos países onde a pesquisa decorreu (ver Quadro 2.4).

Quadro 2.4 Temperaturas de conforto obtidas no projeto SCATs

	Equação adaptativa (°C)	
	TRM ≤ 10oC	TRM ≥ 10oC
França	0,049.TRM + 22,58	0,206.TRM + 21,42
Grécia	-----	0,205.TRM + 21,69
Portugal	0,381.TRM + 18,12	0,381.TRM + 18,12
Suécia	0,051.TRM + 22,83	0,051.TRM + 22,83
Reino Unido	0,104.TRM + 22,58	0,168.TRM + 21,63
Território Europeu	22,80	0,302.TRM + 19,39

A Figura 2.12 representa as gamas de temperaturas interiores consideradas aceitáveis para edifícios de serviços, ou outros com atividades consideradas sedentárias e de habitação, onde o acesso e a possibilidade de abrir/fechar os vãos envidraçados seja permitida, e onde os seus ocupantes podem adaptar o seu vestuário às condições ambientes interiores.

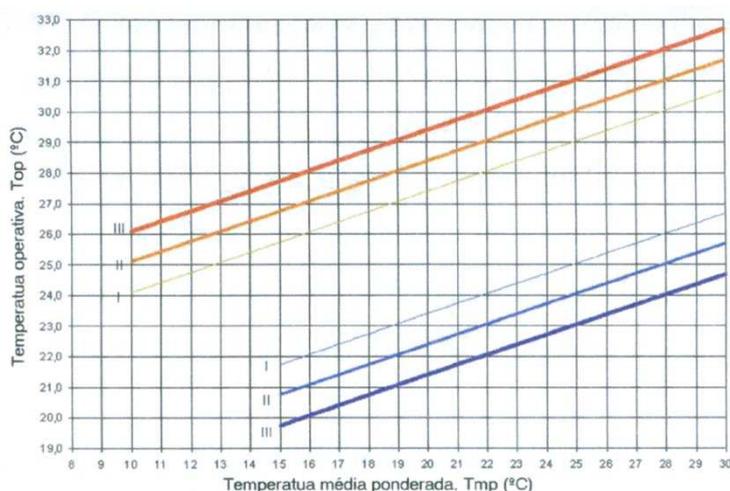


Figura 2.12 Valores bases de temperaturas operativas interiores para edifícios não climatizados [adaptado de (EN 15251:2007)]

Como se constata na Figura 2.6, as temperaturas interiores de conforto são função de uma variável designada por temperatura média exterior ponderada que mostrou ser mais precisa na representação da dependência entre a temperatura operativa e o clima exterior. A separação tem efeito sobre os intervalos de conforto considerados face à temperatura de conforto calculada pelo modelo, correspondendo a um edifício de categoria I um menor intervalo de conforto (maior expectativa → menor tolerância) e a um edifício de categoria III um maior intervalo de conforto.

c. ASHRAE 55:2010

Nesta norma são especificadas as condições de aceitabilidade dos ambientes interiores para a maioria de um grupo de ocupantes que utilize o mesmo espaço estando expostos às mesmas condições ambientais, entendendo-se como a maioria os valores superiores a 80% das pessoas do grupo (Olesen & Brager, 2004).

A norma ASHRAE 55:2010 considera três métodos para especificar as condições de conforto térmico. O primeiro, na continuidade de versões anteriores, representa graficamente a zona de conforto térmico sobre um diagrama psicrométrico (Figura 2.13). Corresponde aos espaços em que os ocupantes têm uma taxa de metabolismo, M , entre 1,0 e 1,3 met, e vestuário com resistência térmica, I_{cl} , compreendida entre 0,5 e 1,0 clo (ASHRAE 55:2010).

Na Figura 2.13 é possível verificar onde se encontra a zona de conforto térmico para o verão (0,5 clo) e para o inverno (1,0 clo).

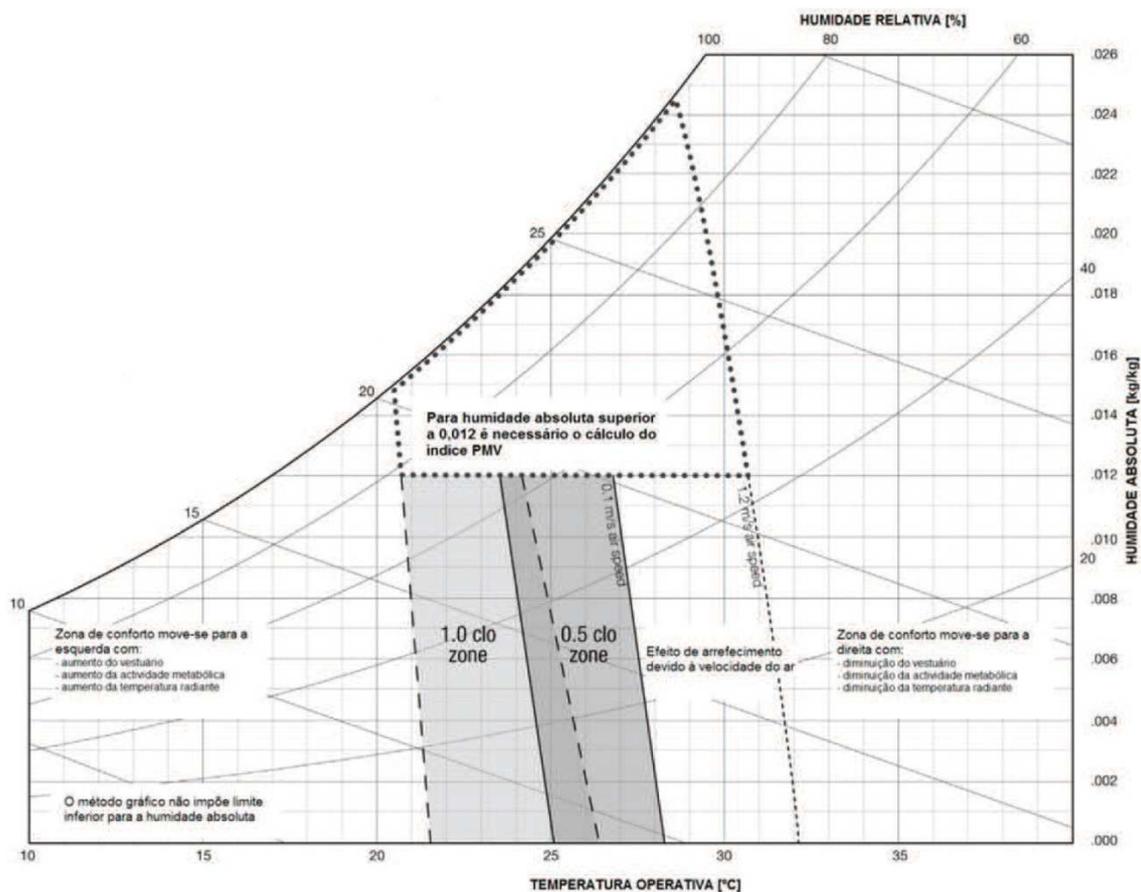


Figura 2.13 Zonas de conforto térmico da ASHRAE 55:2010 [adaptado de (ASHRAE, 2010)]

O segundo método, indicado para espaços em que os ocupantes têm uma taxa de metabolismo entre 1,0 e 2,0 met, e um vestuário com I_{cl} até 1,5 clo, e à semelhança da ISO 7730:2007, utiliza também uma abordagem analítica que resulta da aplicação dos índices de conforto térmico PMV e PPD.

O último método contempla um modelo adaptativo de avaliação do conforto térmico, especificamente para edifícios que não dispõem de equipamentos de climatização, ou seja, edifícios em regime de funcionamento livre.

Na Figura 2.14, está representada a relação de intervalos de conforto para as temperaturas operativas interiores, em função das temperaturas médias exteriores, derivada da aplicação dos princípios adaptativos que passaram a ser considerados nesta norma (De Dear & Cooper, 1997).

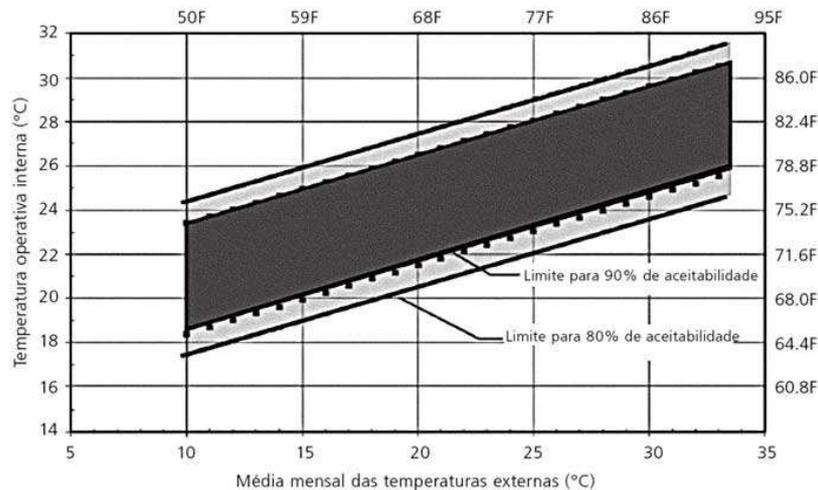


Figura 2.14 Modelo de aceitabilidade do conforto térmico adaptativo

A relação linear representada na Figura 2.14 é válida para as seguintes situações:

- Espaços onde as condições térmicas são reguladas pelos seus ocupantes abrindo/fechando os vãos envidraçados.
- Os espaços podem dispor de sistema de aquecimento, mas este método só pode ser aplicado se o sistema estiver desativado.
- Não podem existir sistemas mecânicos de arrefecimento, exceto sistemas mecânicos de ventilação, como por exemplo, uma ventoinha.
- Os ocupantes dos espaços devem ter atividades entre 1,0 e 1,3 met e ter liberdade para alterar o seu vestuário em função das condições ambientais.

c1. Conforto térmico adaptativo para Portugal

O modelo de conforto térmico adaptativo para Portugal, baseado no modelo adaptativo definido pela ASHRAE 55:2010, especifica gamas de temperatura de conforto que permitem prever que, na grande maioria dos espaços interiores, não é necessária a utilização de sistemas de climatização, sendo para isso fundamental a possibilidade de adaptação.

No seguimento destas diretivas, foram definidos parâmetros objetivos (Quadro 2.5), baseados em estudos de campo, que variam entre valores que caracterizam as condições físicas para as quais se considera válido o modelo de conforto térmico (Matias, 2010).

Quadro 2.5 Requisitos físicos para aplicação do modelo proposto (Matias, 2010)

Parâmetros	Gama de valores
Taxa de metabolismo, M , (met)	Atividade ligeira: 1,0 met a 1,3 met
Resistência térmica associado ao vestuário, I_{cl} , (clo)	0,4 clo (verão) a 1,4 clo (inverno)
Velocidade do ar, V_a , (m/s)	0 a 0,6 m/s
Temperatura operativa interior, T_{op} , (°C)	10 °C a 35 °C
Temperatura exterior exponencialmente ponderada, T_{mp} , (°C)	5 °C a 30 °C

Na Figura 2.15 apresentam-se as referidas gamas de temperatura de conforto térmico, em função da utilização, ou não, de um sistema de climatização de um espaço interior.

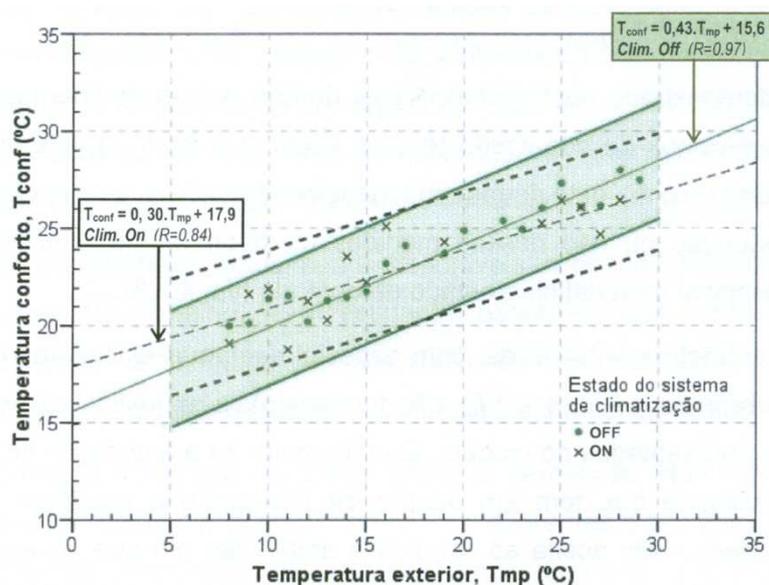


Figura 2.15 Relação dos limites de temperatura de conforto térmico, T_{conf} , com a temperatura exterior, T_{mp} , para ambientes climatizados (ON) ou não (OFF) (Matias, 2010)

A forte correlação representada na Figura 2.15 para espaços climatizados permite considerar que, mesmo com sistemas de climatização ativados (em algumas ocasiões parcialmente), pode possibilitar a adaptação por parte dos ocupantes dos espaços (como alterar o vestuário, ativar ou desativar os sistemas, atuar sobre os sistemas ou elementos da envolvente) para situações de conforto térmico mais adequadas do que as propostas atualmente para ambientes climatizados (Matias, 2010).

O recurso a modelos adaptativos para a definição das condições de conforto térmico interior, com gamas de temperaturas interiores variáveis com as condições exteriores, permite contribuir para uma aproximação mais racional e sustentável da conceção dos edifícios em Portugal e dos respetivos consumos (Matias & Santos, 2012).

2.4 Energia

2.4.1 Radiação Solar

A maior fonte de energia disponível na terra é o sol. O recurso às energias renováveis constitui uma solução para muitos problemas sociais associados ao consumo de combustíveis fósseis. O seu uso permite uma melhoria do nível de vida, em especial nos países sem reservas petrolíferas como

Portugal, diminuindo a sua dependência económica e reduzindo os impactos negativos resultantes da queima dos combustíveis na sua utilização e transformação de energia (Costa, 2004).

A radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo sol, em particular àquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Parte desta energia é emitida como luz visível (0,38Jilll a 0,7Jilll) na parte de frequência mais alta do espectro eletromagnético.

Em Portugal, verifica-se que a situação energética dos recursos endógenos se encontra subaproveitada. De extrema importância, a energia solar permite que o valor médio anual de radiação solar global varie entre 140 e 180 kcal/cm² como se pode observar na Figura 2.16.

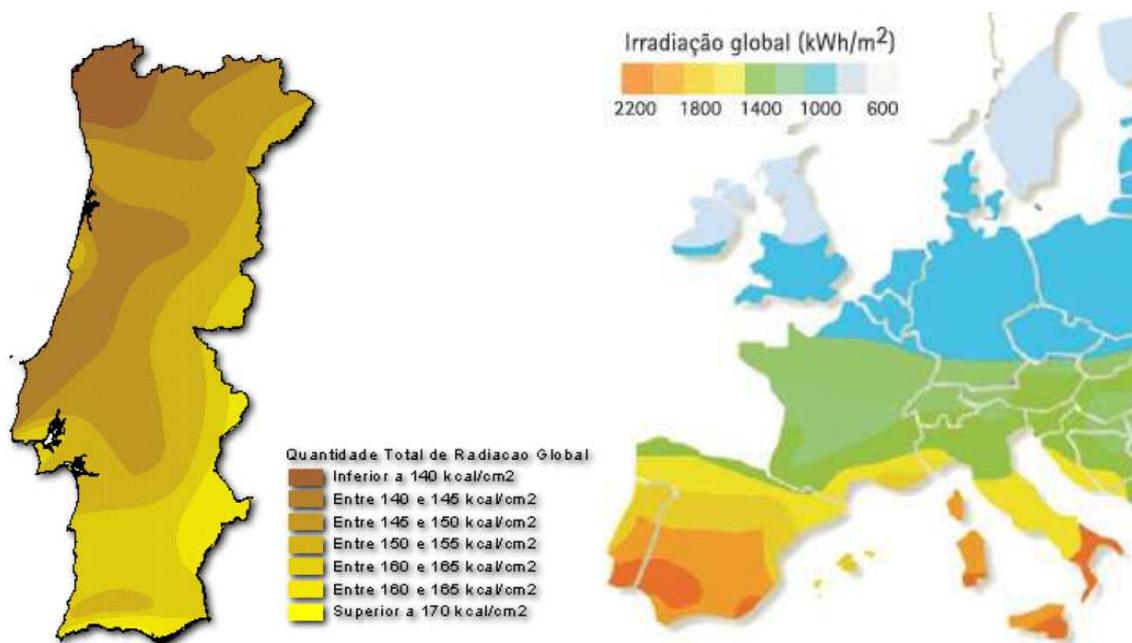


Figura 2.16 Distribuição de radiação solar na Europa e, nomeadamente, Portugal (Costa, 2004)

Um dado frequentemente utilizado para o recurso a sistemas solares é o número de horas de sol ou fator de insolação. Em Portugal, este varia entre as 1800 e as 3100 horas de sol por ano. Isto significa que, num dia, dependendo do local geográfico, há entre 5 e 8,5 horas de sol por dia (Costa, 2004).

A energia solar é considerada como sendo a mais forte fonte energética no que respeita à intensidade de radiação e insolação. Deste modo, também pode proporcionar ou potenciar a implementação de sistemas energéticos mais eficientes no aproveitamento energético.

No entanto, da mesma forma que a radiação solar intervém no processo de climatização de um ambiente interior, outros fatores influenciam o mesmo ambiente.

2.4.2 Cargas térmicas e fontes de calor

A previsão da carga térmica no interior de um compartimento é determinada em função das diversas fontes de calor que, além da radiação solar, provém tanto do equipamento de aquecimento como da presença humana e iluminação artificial. Estes ganhos de calor poderão ser da mais variada ordem conforme a seguinte descrição:

- Presença Humana – A quantidade de calor libertada pelo organismo humano, num dado ambiente interior, depende essencialmente da atividade desenvolvida e do vestuário que utiliza.
- Ganhos de calor através do sistema de iluminação artificial – A iluminação artificial pode funcionar como potencial fonte de calor, dependendo da intensidade e colocação no interior do compartimento.
- Ganhos solares – O sol incidindo sobre os paramentos exteriores da fachada pode representar um ganho de calor em função da intensidade da radiação solar e das características térmicas dos materiais das paredes (inércia térmica forte e ausência de isolamento térmico). Também aqui a dimensão dos vãos pode influenciar os ganhos interiores.
- Eletrodomésticos – Poderá influenciar a temperatura ambiente do interior, geralmente, aumenta o efeito de aquecimento.
- Ventilação natural – A ventilação natural consiste num sistema de circulação do ar que resulta da diferença de pressão do vento e/ou da diferença de temperatura entre o exterior e o interior (correntes de convecção).

2.4.3 Balanço térmico dos edifícios e mecanismos de transmissão de calor

Os edifícios funcionam como um filtro à passagem da luz, ar, ruído e energia, entre ambientes interior e exterior de forma a proporcionar o contraste. A envolvente exterior do edifício é a construção que separa o interior do exterior, formada pelo pavimento, paredes, cobertura e as demais aberturas. Para o cálculo do balanço térmico terão de ser contabilizadas as trocas de calor através da envolvente do edifício (ASTM, 1999).

O calor pode ser definido como a transferência de energia térmica entre sistemas ou partes do mesmo sistema, e que é resultado da diferença de temperatura. A transmissão de calor pode ocorrer segundo três mecanismos:

- Condução - Nos edifícios, o processo de transmissão de calor mais significativo é a condução e depende da condutividade térmica dos materiais e da espessura do elemento da envolvente;
- Convecção - Este mecanismo ocorre na transmissão de calor de um sólido para o ar adjacente;
- Radiação - Este mecanismo de transmissão de calor tem base na transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Para este tipo de transmissão de calor ocorrer é apenas necessária a existência de duas superfícies a diferentes temperaturas, em que, devido à vibração das moléculas superficiais, é emitida energia radiante através do espaço até atingir uma superfície opaca, a qual absorve parte desta energia e reflete a restante.

2.4.4 Inércia Térmica

A acumulação térmica é o fenómeno físico que está na base do funcionamento dos sistemas solares passivos (elementos construtivos ou materiais de grande inércia térmica, que possuem a capacidade de manter a sua temperatura quando a temperatura ambiente varia) e ativos (por exemplo, os painéis solares térmicos e fotovoltaicos). Este conceito pode ser definido como o processo e meios utilizados para armazenar, de forma imediata, uma quantidade de energia. A finalidade é devolvê-la sob outra forma ou utilizá-la num momento posterior, para o aquecimento, ou arrefecimento, do ambiente interior de um edifício, através de um sistema de climatização, nomeadamente, por pavimento radiante hidráulico.

A capacidade de armazenamento térmico dos diversos elementos construtivos depende do tipo de materiais e da intensidade de radiação solar incidente.

Por oposição à energia fornecida ao edifício pelas fontes de calor existem as perdas de energia. Para melhorar o balanço energético do edifício é necessário ter em consideração os mecanismos físicos que determinam a transferência de energia (térmica) da mesma para o exterior. Um dos conceitos chave neste contexto é a inércia térmica. A inércia térmica é uma grandeza que descreve a capacidade que um determinado volume de uma substância tem para armazenar energia interna, quando é submetida a uma dada mudança de temperatura, sem mudar de fase.

Nos edifícios antigos, a qualidade da envolvente exterior, devido à sua morfologia, está associada aos ganhos e perdas de energia, com reflexos notórios no aquecimento e arrefecimento. De forma a melhorar o conforto térmico no interior, é conveniente garantir e adotar medidas que assegurem a qualidade adequada da envolvente.

2.4.5 Isolamento térmico

Uma medida utilizada diz respeito à capacidade que o isolamento térmico tem no aumento da resistência térmica da envolvente do edifício, de forma a reduzir as trocas de calor entre o edifício e o exterior, reduzindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como o risco de condensações.

Como isolante térmico consideram-se produtos e materiais com propriedades que apresentam uma condutibilidade térmica inferior a $0.065 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e uma resistência térmica superior a $0.30 (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$ (Pina Santos & Matias, 2006; RCCCTE, 2006).

No entanto, a especificidade da estética e forma construtiva dos edifícios antigos, na maioria das situações, inviabiliza o isolamento térmico da fachada na sua totalidade. Assim, verifica-se a existência de diversas pontes térmicas, que podem reduzir, de forma significativa, a resistência térmica da envolvente do edifício. Adicionalmente, as pontes térmicas reduzem a temperatura superficial dos elementos, o que pode aumentar o risco de ocorrência de condensações e do crescimento de bolor, além de originarem a heterogeneidade de temperaturas superficiais.

O tratamento das pontes térmicas é executado essencialmente a partir do reforço da resistência térmica da zona da ponte térmica. Tratando-se da envolvente dos edifícios antigos constituída em pedra granítica ou xisto, esta impossibilita, na maioria dos casos, a correção de pontes térmicas pelo exterior por causar um forte impacto visual devido à alteração da fachada.

Portanto, se por um lado os elementos da envolvente garantem maior armazenamento de energia quando sujeita a diferenças de temperatura devido à inércia térmica, por outro a ausência de isolamento térmico permite a perda de energia através das pontes térmicas. Esta situação também ocorre quando existe transmissão de temperatura pela zona corrente.

2.5 Sistemas de aquecimento

2.5.1 Princípio geral

Conforme está referido no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) um sistema de climatização é definido como um conjunto de equipamentos combinados de forma coerente com vista a satisfazer um, ou mais, dos objetivos da climatização (ventilação, aquecimento, arrefecimento, humidificação, desumidificação e purificação do ar). No caso de satisfazer todos, tem-se ar condicionado.

Assim, por sistema de aquecimento, entende-se como sendo um processo de aquecimento dos compartimentos de um edifício que é geralmente composto por uma unidade geradora de calor (caldeira, bomba de calor, etc.) e por um sistema de distribuição do calor (tubagens) com as respetivas unidades terminais de regulação e controlo.

Em relação à unidade geradora de calor, esta poderá ser mais ou menos eficiente energeticamente conforme a fonte ou fontes de energia associadas. O equipamento de aquecimento e a sua eficiência reveste-se da máxima importância na otimização da economia e na redução das emissões poluentes para a atmosfera.

2.5.2 Unidades terminais

a. Radiador

Trata-se do sistema mais comum nos edifícios, principalmente residenciais, e consiste na colocação de aparelhos na parede com uma entrada de água quente e uma de saída da água. As serpentinas interiores funcionam como condensadores, gerando ar quente por convecção natural. Existem diversos tipos de radiadores, tendo em conta o material de que são feitos e a maior ou menor capacidade de transmissão de calor (Isolani, 2008).

No entanto, algumas características são comuns entre os radiadores, como por exemplo, em todos eles a potência é diretamente associada à área do radiador. Se uma pessoa estiver numa sala muito grande, necessita de mais potência de aquecimento, logo o radiador terá de ser maior. Nos radiadores por elementos, o aumento de potência passa por acrescentar mais elementos ao radiador. Também em todos eles é necessário instalar um sistema de controlo externo que pode ser manual ou automático (com possibilidade de regular a temperatura) (Isolani, 2008).

Ainda assim, estes sistemas têm certas desvantagens, nomeadamente, em alguns espaços aquecidos onde existe uma corrente de ar ascendente, ou seja, o ar que está em contacto com o teto é aquecido primeiro, sendo o ar que está por baixo aquecido posteriormente. Isto ocasiona a perda de uma quantidade considerável de energia (Lisboa, 2007).

b. Ventilconvetor

A utilização do sistema de ventilconvetores para aquecimento consiste na colocação de aparelhos na parede ou teto de um edifício, e que podem ser alimentados com água ou outro fluido térmico. Uma das vantagens é que efetua o aquecimento de uma forma uniforme e rápida.

No entanto, são identificadas algumas desvantagens como o risco a situações de desconforto auditivo e à velocidade do ar, bem como, à perda de energia.

Tal como no radiador, nos espaços aquecidos, existe uma corrente de ar ascendente e, portanto, o ar que está em contacto com o teto é aquecido em primeiro, sendo o ar que está por baixo aquecido posteriormente (Lisboa, 2007).

c. Pavimento radiante

O pavimento radiante é um sistema para aquecimento do interior dos edifícios que pode ser constituído por diferentes métodos de conceção.

Um dos métodos está baseado em resistências elétricas e consiste na colocação de uma película de carbono sobreposta por camadas que funciona como se de uma resistência elétrica se tratasse, ou então, as resistências elétricas são colocadas sobre uma camada isolante, formando uma serpentina de cabos elétricos, seguindo-se as camadas de revestimento e acabamento do pavimento.

O outro método, denominado por pavimento radiante hidráulico, consiste na circulação de um fluido na parte inferior do revestimento do pavimento, com recurso a tubagens de polietileno reticulado.

Este sistema, indicado para aquecimento de espaços interiores, consiste na dissipação pelo pavimento de uma dada temperatura e, posteriormente, libertada com uma distribuição homogénea sobre o ambiente a uma temperatura desejada para o conforto térmico,

De seguida é feita uma descrição pormenorizada do sistema de aquecimento por pavimento radiante hidráulico.

2.5.3 Pavimento radiante hidráulico

O aquecimento do pavimento não é um conceito novo, os Romanos construíram habitações em que o pavimento térreo era colocado sobre espaços livres para circulação do fluxo do ar quente permitindo, assim, que aquecesse a estrutura, sendo conhecido por sistema de hipocausto (Figura 2.17).



Figura 2.17 Hipocausto da villa de Vieux-a-Romaine, Normandía (Hipocausto, 2006)

Durante o século XX, com a introdução de técnicas mais evoluídas, o aquecimento por pavimento radiante tornou-se num aquecimento estandardizado e a sua aplicação nos edifícios generalizada (Woodson, 1999).

Atualmente, os sistemas de aquecimento por pavimento radiante associam-se num sistema combinado com a tecnologia do sistema solar térmico, para fornecer aquecimento a um nível mais eficiente e a um custo mais económico.

2.5.3.1 Modo de funcionamento

O princípio básico de funcionamento de um sistema de aquecimento, através de piso radiante hidráulico, consiste na impulsão de água a uma temperatura moderada (a norma EN 1264 - 3: 2009 define os requisitos para a conceção de pavimento radiante) proveniente de um depósito de inércia, através de circuitos de tubagens de polietileno reticulado (Figura 2.18).



Figura 2.18 Colocação de tubos de polietileno reticulado (Santos, 2008)

Estes tubos estão envolvidos por uma camada de argamassa aditivada, situada na parte inferior do revestimento do pavimento e isolada termicamente pela parte inferior em contacto com a laje. A camada formada pela argamassa aditivada absorve a energia térmica dissipada pelos tubos, armazenando-a e dissipando-a lentamente para o pavimento. Este, por sua vez, emite energia, sobre a forma de calor por radiação e por convecção natural.

O conjunto formado pelos tubos e pela argamassa encontra-se isolado termicamente de forma a reduzir as perdas de calor para a laje e, também, em todo o seu perímetro. Este processo é feito com recurso a uma faixa de isolamento que reduz a transferência indesejada de calor para o exterior ou para outras divisões.

Os circuitos equilibram-se hidraulicamente e o caudal é regulado e impulsionado em função das necessidades térmicas de cada divisão do edifício. A regulação dos sistemas de aquecimento por pavimento radiante permite enviar água à temperatura desejada e controlar, de forma independente, a temperatura ambiente de cada compartimento (UPONOR, 2011).

2.5.3.2 Constituição e características do pavimento radiante hidráulico

Na Figura 2.19 está ilustrada a constituição típica, em corte, de um sistema de aquecimento por pavimento radiante hidráulico.

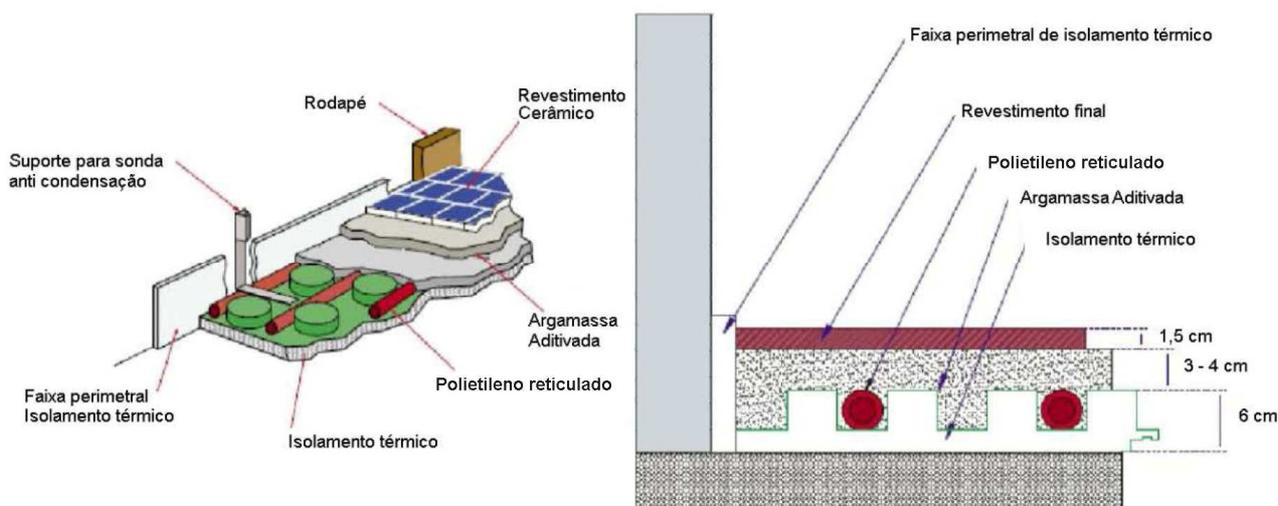


Figura 2.19 Constituição do pavimento radiante [adaptado de (Giacomini, 2012)]

Alguns pormenores variam de fabricante para fabricante mas têm em comum o conceito geral de funcionamento: tubagens de circulação, argamassa aditivada ou fluidificada, camada de isolamento e faixa perimetral. Outro componente que também pode ser introduzido é uma rede eletrossoldada. Todavia, esta só é aplicada no caso de elevadas cargas serem aplicadas sobre o pavimento (por exemplo em armazéns) (Giacomini, 2012).

As principais vantagens de um sistema de pavimento radiante são (Woodson, 1999; UPONOR, 2011; Varandas, 2010; Silva, 2011):

- Emissão térmica uniforme - O emissor térmico é todo o pavimento da área a aquecer. Isto resulta numa emissão térmica praticamente uniforme em toda a superfície. Este fenómeno contrapõe-se ao de "zonas quentes" e "zonas frias", obtidos com outros sistemas de aquecimento onde existe um número limitado de emissores de calor;
- Aquecimento sem movimentação de ar - A velocidade de deslocação das camadas de ar quente para as zonas frias é proporcional à diferença de temperaturas do ar entre ambas as zonas, quente e fria. Como a temperatura da superfície emissora (pavimento) de um sistema de aquecimento por pavimento radiante é baixa (inferior a 30°C), essa diferença de temperaturas do ar é muito reduzida, fazendo com que a deslocação do ar seja impercetível. Este facto evita o movimento de pó e resulta num ambiente envolvente mais higiénico e saudável;
- Poupança energética - Através da obtenção da mesma sensação térmica, com uma temperatura ambiente inferior para um local aquecido por pavimento radiante, do que aquecido por outro sistema (radiadores, convetores de ar, etc.);

- Compatível com a maioria das fontes de energia – A moderada temperatura de impulsão da água que o sistema necessita faz com que este seja compatível com quase todas as fontes energéticas (eletricidade, combustíveis, etc.). Tem a particularidade de poder ser alimentado energeticamente por painéis solares;
- Design – Por se tratar de um sistema de aquecimento invisível, isto é, o facto de estar sob o revestimento do pavimento, liberta o espaço para qualquer utilização sem causar qualquer tipo de constrangimento no interior do compartimento;
- Flexibilidade – O sistema pode ser dimensionado conforme a tipologia do edifício, seja residencial, comercial ou de serviços. É compatível com qualquer tipo de revestimento de pavimentos, embora a madeira maciça seja um material mais resistente à dissipação e posterior libertação da energia;
- Processo lento de arrefecimento/aquecimento – Numa habitação permanente, a lentidão no arrefecimento ou aquecimento é uma vantagem, pois permite um maior atraso e atenuação na resposta térmica a uma eventual onda de frio ou calor, respetivamente, que pode durar alguns dias. Por outro lado, permite aquecer gradualmente a casa desde a entrada do Outono até ao Inverno permitindo uma maior estabilidade térmica do espaço.

O processo lento de aquecimento também se torna numa desvantagem. No caso de ausência prolongada e para sistemas não autónomos e independentes, os proprietários de uma habitação com aquecimento por pavimento radiante, terão que aguardar bastante tempo até esta voltar a atingir as condições de conforto. Isto acontece pelo facto do aquecimento inicial ser bastante lento uma vez que o sistema funciona a baixas temperaturas e necessita de aquecer toda a área situada por baixo do revestimento até à superfície do pavimento, que possuiu uma grande inércia térmica. Este fator deixa de ser uma desvantagem para passar a ser uma vantagem, se o sistema for parcialmente autónomo e independente, visto que mantém um consumo residual em caso de ausência dos ocupantes.

No entanto, existem diversas desvantagens associadas à utilização deste sistema de aquecimento, como por exemplo, o custo de instalação é normalmente maior comparativamente aos outros sistemas.

2.5.3.3 Comparação entre o sistema radiante e outros sistemas

Comparativamente com os sistemas de aquecimento existentes, o pavimento radiante é o que melhor se ajusta ao perfil de temperaturas do corpo humano. Na Figura 2.20 é apresentado um esquema de distribuição vertical de temperaturas para diferentes sistemas de aquecimento.

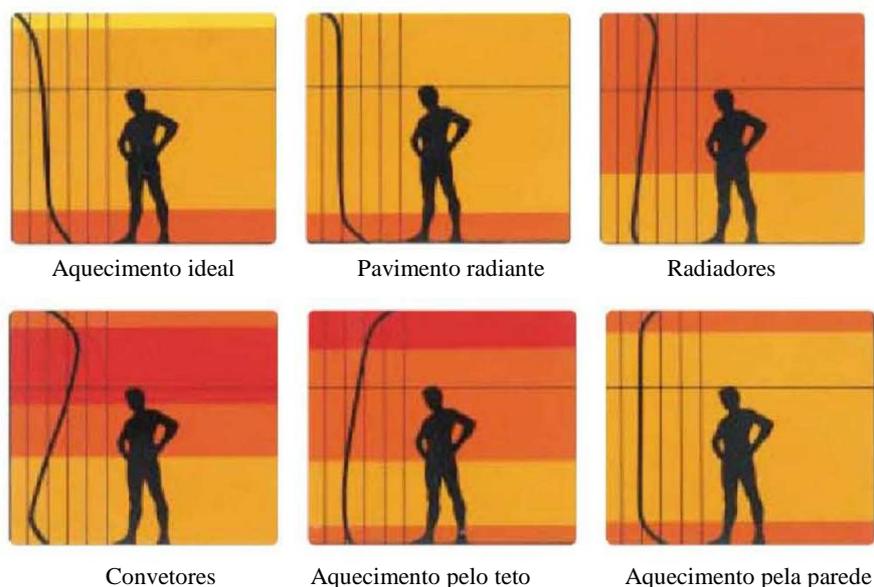


Figura 2.20 Perfil de temperaturas para diferentes tipos de aquecimento, Aplicações de aquecimento Radiante e Climatização (UPONOR, 2011)

O perfil ótimo de temperaturas indicia que a temperatura do ar deve ser superior na parte inferior do corpo e deve haver uma redução gradual até à altura da cabeça - "Pés quentes cabeça fria". Para o utilizador, isto traduz-se numa situação de conforto sem que haja grandes assimetrias térmicas ao contrário do que acontece com a utilização de convectores (UPONOR, 2011).

A Figura 2.21 mostra o perfil de temperatura ideal "pés quentes, cabeça fria", onde se observa uma diferença com valores aproximados de temperaturas, entre o sistema convencional por radiadores e sistema de pavimento radiante.

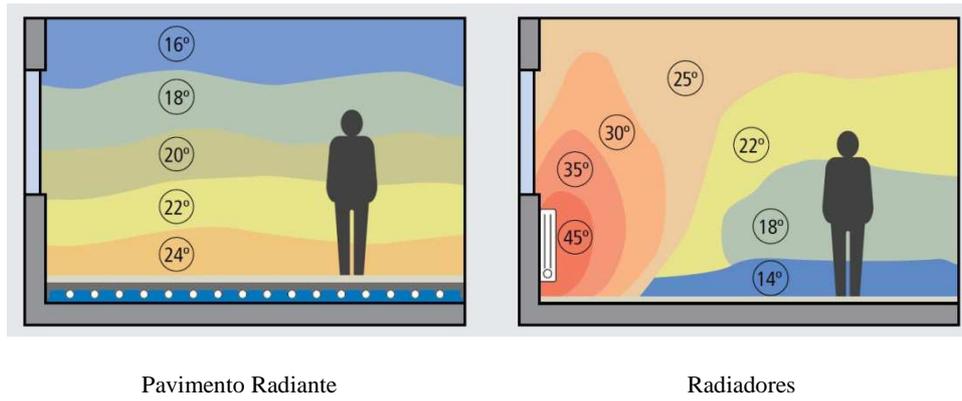


Figura 2.21 Perfil de temperaturas: Piso radiante Vs Radiadores (UPONOR, 2011)

No pavimento radiante, o calor é distribuído de um modo uniforme por todas as divisões do edifício, com uma sensação de bem-estar.

3. METODOLOGIA

3.1 Considerações gerais

No trabalho desenvolvido foram avaliadas as condições de conforto térmico através da caracterização e análise de dados recolhidos nos edifícios em condições reais de ocupação dos espaços.

Tal como foi referido anteriormente, as tarefas definidas no presente estudo visam a verificação das condições de conforto térmico em edifícios antigos com aquecimento por pavimento radiante. Para tal, foram efetuados estudos em dois edifícios de serviços e num edifício escolar, respetivamente no Mosteiro de Tibães em Braga, na Pousada de Sta. Marinha em Guimarães e na Creche de Prado em Vila Verde.

Neste estudo foram analisados edifícios com sistema de aquecimento por pavimento radiante, através da medição e registo de vários parâmetros ambientais interiores como a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do ar. Foi, também, aplicado um inquérito por questionário de forma a recolher informação sobre as condições de conforto dos ocupantes dos espaços interiores.

As medições foram realizadas durante a primeira quinzena de Fevereiro de 2012, simultaneamente, à aplicação do questionário aos ocupantes.

Através das informações recolhidas na aplicação do inquérito por questionário foram estimados os parâmetros individuais, vestuário e atividade metabólica, que influenciam a sensação térmica humana.

Importa referir que os edifícios, nomeadamente, os espaços utilizados e o sistema de climatização, bem como as condições de utilização dos mesmos, foram também caracterizadas durante as visitas aos edifícios.

A perceção térmica humana em ambientes interiores de edifícios é influenciada pelo clima exterior. Assim, de modo a determinar as condições de conforto térmico é também essencial a análise dos parâmetros ambientais exteriores, neste sentido, foi solicitado ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera o registo da temperatura exterior.

Os parâmetros ambientais interiores, nomeadamente no que respeita à temperatura, foram obtidos através de medições com equipamento adequado para o efeito, com o objetivo de comparar as condições interiores com as exteriores e entre espaços distintos.

Com o intuito de proceder ao tratamento, à análise e à interpretação da informação recolhida durante o estudo de campo foram utilizados programas informáticos específicos de forma a processar toda a informação recolhida em base de dados.

3.2 Amostra

Em estatística, uma amostra é uma parcela de elementos extraídos de uma parte mais vasta denominada de população ou universo. Pode ser constituída por indivíduos, acontecimentos ou outros objetos que o investigador pretende descrever ou para os quais pretende generalizar as suas conclusões ou resultados.

O processo de amostragem compreende os procedimentos através dos quais se seleciona uma amostra. Pode ser efetuado mediante a aplicação de várias técnicas, salientam-se as seguintes (Bryman & Cramer, 1993):

- Amostragem probabilística: procedimento em que todos os elementos da população têm uma probabilidade conhecida e superior a zero de integrar a amostra;
- Amostragem intencional: amostragem não probabilística subordinada a objetivos específicos determinados pelo investigador;
- Amostragem não intencional: amostragem não probabilística regida por critérios de conveniência e/ou de disponibilidade dos inquiridos.

A amostra é organizada em duas unidades de análise conforme mostra a Figura 3.1, correspondendo por um lado, aos espaços que constituem os edifícios e às condições ambientais interiores obtidas durante a realização dos levantamentos e, por outro, aos seus utentes e opiniões relativas ao ambiente térmico envolvente, expressas através do inquérito por questionário.

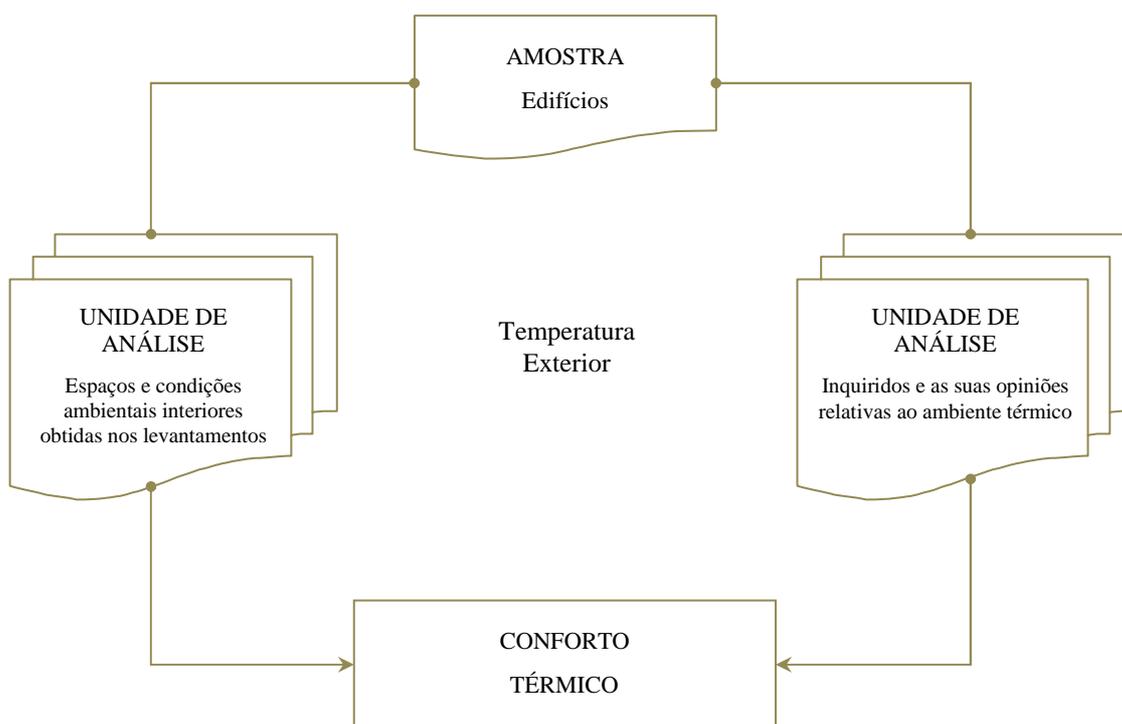


Figura 3.1 Amostra e Unidades de análise em estudo [adaptado de (Matias, 2010)]

O tratamento dos dados e análise das características da amostra recolhidos através das unidades de análise permitiu uma avaliação das condições de conforto térmico nos edifícios em estudo e, assim, retirar ilações sobre a viabilidade de utilização do piso radiante como sistema de climatização para melhorar as condições de conforto térmico.

Na análise das características da amostra, bem como o tratamento dos dados recolhidos nas duas unidades de análise, foi possível retirar ilações sobre as condições de conforto térmico nos edifícios em estudo e ainda tecer considerações importantes sobre os utilizadores desses edifícios.

3.2.1 Caracterização da amostra e das unidades de análise

Os critérios de seleção da amostra resultaram da conjugação de vários fatores, imperativamente, a seleção foi circunscrita ao edificado antigo que possui sistemas de aquecimento por pavimento radiante hidráulico. Depois, por razões profissionais e temporais teriam que coincidir com uma área geográfica acessível e correspondente às solicitações que o trabalho de campo iria impor de forma a obter alguma representatividade dos resultados.

O registo de parâmetros ambientais e individuais da amostra foi realizado em dois períodos distintos, sendo o primeiro realizado no edifício pré-escolar da Vila de Prado em Vila Verde e no

edifício religioso, cultural e hoteleiro denominado de Mosteiro de Tibães, entre o dia 9 e 10 de fevereiro do ano de 2012, quanto ao segundo, foi realizado durante do dia 15 do mesmo mês na Pousada de Sta. Marinha em Guimarães. Embora, o período de tempo disponibilizado para os registos seja curto, permitiu obter uma representatividade considerável para o estudo.

No Quadro 3.1 são enumerados alguns dados de referência dos edifícios, nomeadamente a tipologia e perfil ocupacional, bem como o número de espaços e levantamentos e o número de inquiridos respetivamente.

Quadro 3.1 Registo global dos edifícios

Tipologia	Perfil ocupacional	Espaços Levantamentos	Inquiridos
Pousada Sta. Marinha (Hoteleiro)	Receção	1	6
	Sala de jantar	1	-
	Sala de festas	1	-
Creche de Prado (Escolar)	Refeitório	1	12
	Copa ou Cozinha	1	-
Mosteiro de Tibães (Religioso, cultural e hoteleiro)	Sala do Recibo	1	7
	Foyer da Hospedaria	1	3

No âmbito dos levantamentos efetuados, tal como referenciado anteriormente, foram seleccionados dois espaços por cada edifício (um com sistema de aquecimento por pavimento radiante e outro sem sistema de aquecimento), no entanto na Pousada de Sta. Marinha foi seleccionado mais um espaço, pelo facto de possibilitar uma análise a um espaço com aquecimento por sistema alternativo.

A seleção dos espaços, de cada um dos edifícios, foi determinada tendo em conta algumas opções ou justificações descritas nos pontos seguintes:

- Na Pousada de Sta. Marinha, a seleção incidu sobre a receção por ser um espaço de confluência de ocupantes e ser contígua à sala de Estar (ambas aquecidas através de pavimento radiante). As salas de jantar e de festas foram seleccionadas por as medições não perturbarem o normal funcionamento dos espaços;
- Na Creche de Prado, a seleção do refeitório (com aquecimento por pavimento radiante) deveu-se essencialmente à ausência de crianças durante o período da realização das medições.

Requisito solicitado pela direção da escola. A cozinha ou Copa foi indicado como espaço livre, sem perturbar o funcionamento da escola;

- No Mosteiro de Tibães, a seleção da Sala do Recibo ou Galeria de Exposições deveu-se sobretudo por estar próxima à receção ou portaria, e por este espaço não estar aquecido e ter uma considerável fluência de ocupantes. O Foyer da Hospedaria (com aquecimento por pavimento radiante) foi selecionado por estar próximo à receção, local de confluência dos ocupantes, e não perturbar o normal funcionamento.

Relativamente à distribuição dos questionários (Quadro 3.1), foram disponibilizados em número idêntico por cada um dos espaços alvo deste estudo. Embora a recetividade fosse a melhor, foram obtidos um número díspar de inquéritos preenchidos. Assim, foram considerados os ocupantes que permaneciam nos espaços aquecidos com pavimento radiante em todos os edifícios e os ocupantes que permaneciam na Sala do Recibo e receção do Mosteiro de Tibães. Nos restantes espaços, não se encontravam ocupantes de forma a preencherem o questionário.

3.2.1.1 Localização geográfica dos edifícios

A localização geográfica dos edifícios selecionados incide sobre a região norte, mais concretamente no Minho (Figura 3.2).



Figura 3.2 Região norte e sub-regiões (Nuts III) com a localização geográfica dos edifícios

Todas as regiões do país são caracterizadas por condições climáticas diferenciadas, gerando expectativas, percepções e comportamentos específicos dos ocupantes em relação ao ambiente térmico interior envolvente. Assim, estando o ambiente térmico relacionado particularmente com exterior, os três edifícios selecionados estão localizados na região do Minho. No Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) o país é dividido em três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3). A delimitação destas zonas é indicada na Figura 3.3 (RCCTE, 2006).

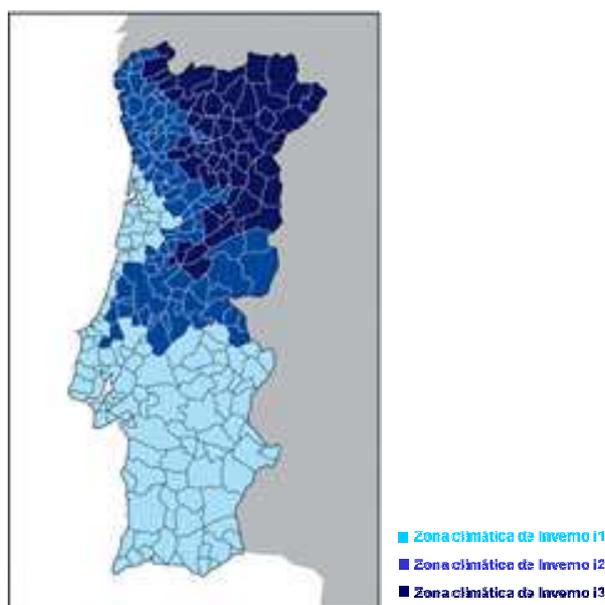


Figura 3.3 Portugal continental. Zona climática de Inverno e localização dos edifícios estudados [adaptado de (RCCTE, 2006)]

Os edifícios para estudo e trabalho de campo estão localizados na mesma zona climática de inverno e verão, conforme apresentado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 Localização dos edifícios estudados

Concelho	Região (Nuts III)	Zona climática	
		Inverno	Verão
Braga	Cávado	I2	V2
Vila Verde	Cávado	I2	V2
Guimarães	Ave	I2	V2

A região indicada no quadro anterior está referenciada na Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS), estabelecida pelo Decreto-Lei 46/89 de 15 de fevereiro, de acordo com o perfil socioeconómico das regiões.

Embora as limitações temporais e profissionais determinantes na execução deste trabalho tenham condicionado uma seleção mais abrangente de edificado, verifica-se que a amostra constitui uma ótima base de estudo e a possibilidade de comparação de diversos fatores.

A localização dos edifícios estudados face à estação meteorológica de Merelim do concelho de Braga, referência mais próxima e indicada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) no âmbito das condições exteriores de temperatura, é inferior a um raio de 30 km de distância, tomando como ponto mais distante a cidade de Guimarães.

3.2.1.2 Perfil ocupacional dos edifícios

A seleção dos espaços alvo do estudo foi determinada pelo seu perfil de ocupação, em função dos espaços que utilizavam o sistema de aquecimento por pavimento radiante e em espaços que não detinham sistema de climatização, permitindo estabelecer, em certa medida, o padrão de conforto e verificar o seu perfil de otimização para os diferentes espaços.

A tipologia ocupacional resultou da conjugação de vários fatores relacionados com diversidade das características dos ocupantes ou frequentadores dos edifícios alvo do estudo.

O estudo empírico, tal como já foi descrito, foi direcionado para espaços interiores habitualmente frequentados pelos ocupantes. Na aplicação dos questionários, selecionaram-se espaços ambientes específicos de modo a possibilitar a comparação e análise em diferentes espaços interiores.

No que respeita ao seu perfil ocupacional foram incluídos edifícios ou equipamentos de utilização pública, nomeadamente um escolar e os outros dois sendo categorizados como hoteleiros, sendo que um dos edifícios tem diversas especificidades, nas quais se inclui a tipologia religiosa e museológica.

Os ocupantes ou utilizadores de cada um dos edifícios têm relações diferentes com o espaço estudado e, conseqüentemente, diferentes padrões de sensibilidade.

Para o edifício escolar (Creche de Prado) destinado a crianças do ensino pré-escolar foram considerados na amostra os funcionários, de modo a obter as respostas do espaço estudado, e os pais das crianças que frequentavam a escola. Importa realçar que os inquiridos foram questionados, durante o período de realização das medições, respetivamente sobre o espaço em que se encontravam, nomeadamente, o espaço aquecido por pavimento radiante.

No caso do edifício religioso, cultural e hoteleiro (Mosteiro de Tibães) foram referenciados os dois espaços distintos e com diferentes utilizadores.

Para o edifício de valência hoteleira (Pousada de Sta. Marinha), foram considerados para a amostra os indivíduos que frequentavam o espaço com aquecimento por piso radiante. Relativamente aos restantes espaços não houve lugar à aplicação do questionário uma vez que no momento em que decorreram as medições não se encontrava presente nenhum ocupante.

3.3 Estudo de campo

3.3.1 Caracterização do edificado

Os edifícios selecionados para o estudo apresentavam-se ou considera-se que se encontravam em bom estado de conservação. Salienta-se que foram alvo de intervenções recentes, quer em termos de remodelação ou como de reabilitação.

No Quadro 3.3 está indicado o tipo de informação recolhida nos levantamentos realizados, de modo a possibilitar a caracterização do edifício, do espaço e do sistema de climatização, bem como, das suas condições de utilização.

A informação recolhida nos espaços resultou da observação visual, da troca de impressões com os funcionários ou responsáveis pela gestão dos espaços e também através do registo fotográfico. Os dados obtidos são determinantes para perceber e fundamentar os parâmetros ambientais registados.

Quadro 3.3 Características registadas durante os estudos de campo

Edifício	Espaço	Levantamento
Perfil ocupacional	Dimensões (área / volume)	Data e hora
	Piso (intermédio / último)	Lotação de espaço
Localização	Lotação máxima	N.º de inquéritos
	Orientação solar	Condições exteriores
Orientação solar	Sistemas de climatização (aquecimento)	Estado dos sistemas
	Dispositivos de sombreamento (int. e ext.)	- Climatização
N.º de pisos	Vãos envidraçados	- Disp. de sombreamento
	Iluminação artificial	- Vãos envidraçados
	Fonte de calor interna	- Iluminação artificial
	Liberdade de controlo das condições de conforto térmico	Planta do espaço ou compartimento
		Notas e observações

De seguida apresenta-se a caracterização geral dos edifícios, nomeadamente, para cada espaço ou compartimento selecionado para a realização do estudo.

a. Pousada de Sta. Marinha

A Pousada de Santa Marinha está localizada na encosta poente do Monte da Penha na cidade de Guimarães. Na Figura 3.4 verifica-se o estado razoável de conservação do edifício.



Figura 3.4 Vista parcial da fachada poente e entrada principal da Pousada Sta. Marinha

Na Pousada de Sta. Marinha o processo de estudo envolveu a seleção de três compartimentos diferenciados quanto ao sistema de aquecimento utilizado e localizados no piso térreo. A planta do piso térreo, Figura 3.5, apresenta a localização do posicionamento do equipamento de medição e registo dos parâmetros ambientais interiores, face ao espaço compartimentado.



Figura 3.5 Planta do piso térreo com indicação do posicionamento do equipamento de medição nos compartimentos da receção, sala de jantar e sala de festas, Pousada de Sta. Marinha (DGEMN, 1985)

A receção (Figura 3.6) está localizada na ala poente conforme indicação na Figura 3.5 e a envolvente é constituída pelos seguintes elementos construtivos e materiais:

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 1.4m de espessura de superfície rebocada pelo lado exterior, e do lado interior com acabamento em reboco;
- Pavimento em laje pré-esforçada com sobreposição de sistema de aquecimento por piso radiante e revestimento final em lajeado de granito;
- Teto em laje pré-esforçada com reboco ou estanhado;
- Vãos exteriores em caixilho de madeira. Orla dos vãos em granito aparente. Com sistema de proteção solar dos vãos pelo interior à base de cortinados (Figura 3.6);
- Pé direito médio: 4.0m;
- Aquecimento: pavimento radiante.



Figura 3.6 Espaço da Receção e pormenor do vão, Pousada de Sta. Marinha

A sala de jantar (Figura, 3.7) está localizada na ala nascente do edifício conforme indicação na Figura 3.5 e a envolvente tem a seguinte constituição (elementos construtivos e materiais):

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 1.4m de espessura de superfície rebocada pelo lado exterior, e do lado interior, acabamento em reboco. O interior também é constituído por arcaria em granito aparente (Figura 3.7);
- Pavimento com revestimento em tijoleira cerâmica e blocos de granito;
- Teto com laje pré-esforçada e teto falso em gesso cartonado;
- Vãos exteriores em caixilho de madeira. Orla dos vãos em granito aparente. Com sistema de proteção solar dos vãos pelo interior à base de cortinados (Figura 3.6);
- Pé direito médio: 4.0m;
- Aquecimento: Ar-condicionado, encontrava-se inativo durante o estudo de campo.



Figura 3.7 Espaço da sala de jantar, Pousada de Sta. Marinha

A sala de festas (Figura, 3.8) está localizada na ala nascente do edifício conforme indicado na Figura 3.5 e a envolvente é constituída pelos seguintes elementos construtivos e materiais:

- Paredes exteriores da fachada constituídas por alvenaria de granito de 1.4m de espessura com superfície rebocada pelo lado exterior, e do lado interior, acabamento em reboco ou estanhado. O interior também é constituído por arcaria em granito aparente (Figura 3.8);
- Pavimento com revestimento em tijoleira cerâmica e blocos de granito;
- Teto com laje pré-esforçada e teto falso em gesso cartonado;
- Vãos exteriores em caixilho de madeira. Orla dos vãos em granito aparente. Com sistema de proteção solar dos vãos pelo interior à base de cortinados;
- Pé direito médio: 4.0m;
- Aquecimento: Ar-condicionado.



Figura 3.8 Espaço da sala de festas, Pousada de Sta. Marinha

b. Creche de Prado

A Creche de Prado, Figura 3.9, fica localizada na zona sul do concelho de Vila Verde, na margem direita do rio Cávado.



Figura 3.9 Vista da fachada nascente da Creche de Prado

Na Creche de Prado foram seleccionados dois espaços para a realização do estudo. Um espaço com sistema de aquecimento por pavimento radiante, situado no rés-do-chão, e outro espaço sem sistema de aquecimento, situado na cave. As plantas do edifício, apresentadas na Figura 3.10, indicam o local e a posição do equipamento de medição e registo dos parâmetros ambientais face ao espaço compartimentado.

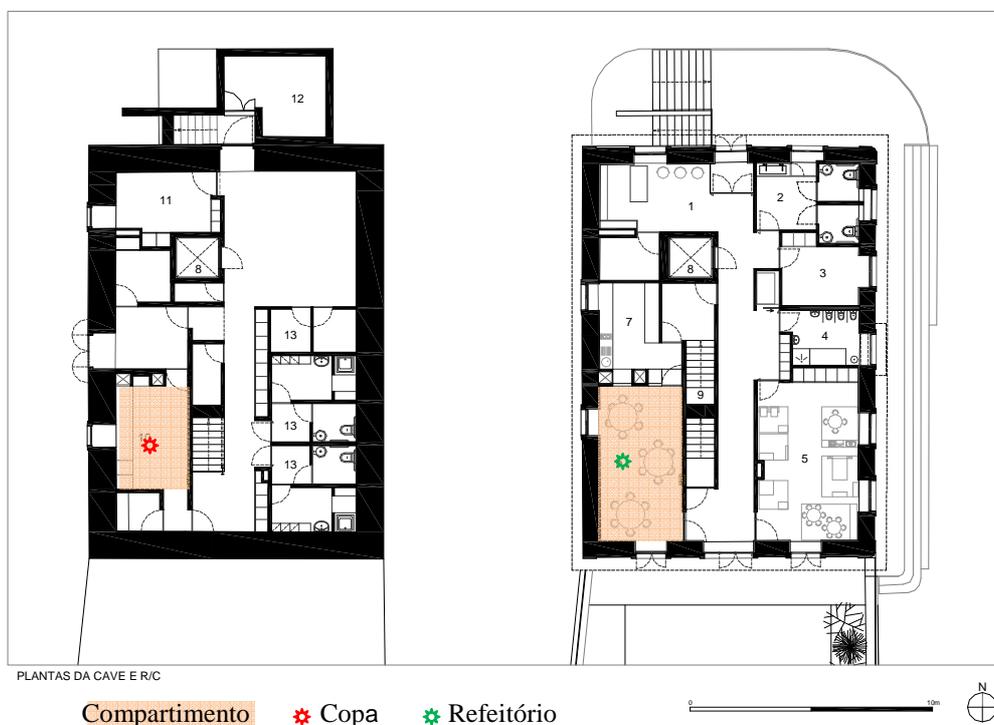


Figura 3.10 Plantas do edifício com indicação do posicionamento do equipamento de medição na Cozinha (piso da cave) e da Copa (piso do rés-do-chão), Creche de Prado (MVV,2011).

O refeitório (Figura, 3.11) está localizado na extremidade sul e poente do piso do rés-do-chão, conforme indicação na Figura 3.10, e a envolvente tem a seguinte descrição dos elementos construtivos e materiais:

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 0.7m de espessura com superfície rebocada pelo lado exterior. Do lado interior, parede rebocada ou estanhada;
- Pavimento de laje pré-esforçada com sobreposição de sistema de aquecimento por piso radiante e revestimento final em vinílico;
- Teto em laje pré-esforçada e teto falso em gesso cartonado;
- Vãos exteriores em caixilho de madeira com vidro duplo. Orla dos vãos em granito aparente. Sistema de proteção solar dos vãos com portadas de madeira colocadas do lado interior e sistema de blackouts/screen também colocados pelo lado interior (Figura3.11);
- Pé direito: 3.0m;
- Aquecimento: pavimento radiante.



Figura 3.11 Espaço do Refeitório, Creche de Prado

A Copa (Figura, 3.12) está localizada no piso da cave, conforme indicação na Figura 3.10, e a envolvente é constituída pelos seguintes elementos construtivos e materiais:

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 1.0m de espessura com superfície aparente pelo lado exterior. Do lado interior, parede em tijolo furado d(30x20x9cm de espessura) com isolamento térmico (wallmate de 5cm de espessura) e acabamento em cerâmico;
- Pavimento em maciço de betão e revestimento final em grés porcelânico;
- Teto em laje pré-esforçada e reboco;
- Vão exterior em caixilho de madeira com vidro duplo. Sem sistema de proteção solar do vão envidraçado;

- Pé direito: 3.0m;
- Aquecimento: Ar-condicionado, encontrava-se inativo durante o estudo de campo.



Figura 3.12 Espaço da Copa, Creche de Prado

c. Mosteiro de Tibães

O Mosteiro de Tibães, Figura 3.13, está situado na freguesia de Mire de Tibães e a poente da periferia urbana de Braga.



Figura 3.13 Vista parcial e fachada norte e poente do Mosteiro de Tibães

No Mosteiro de Tibães foram selecionados 2 espaços localizados em áreas distintas do edifício, a Sala do Recibo ou Sala de Exposição de teor museológico que se encontrava sem aquecimento e o Foyer ou Átrio da Hospedaria de teor hoteleiro com aquecimento por pavimento radiante.

Nas plantas do piso 2, apresentadas na Figura 3.14, foi assinalada a posição e o local do equipamento de medição e registo dos parâmetros ambientais interiores face ao espaço compartimentado da Sala do Recibo.



Compartimento * Sala do Recibo

Figura 3.14 Planta parcial do piso 2 com indicação do posicionamento do equipamento de medição na Sala do Recibo ou Sala de Exposições, Mosteiro de Tibães (TIBÃES, 2013)

A Sala do Recibo ou Sala de Exposições, Figura 3.15, está localizada no piso 2, ala norte do mosteiro, e comunica diretamente com o espaço da recepção ou portaria sem qualquer porta ou elemento físico de separação. O estudo deste espaço, tal como noutros espaços, visou a verificação das condições de conforto térmico e a sua comparação com os outros espaços. De seguida são descritos os elementos construtivos e materiais da componente da envolvente:

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 1.2m de espessura, com reboco do lado exterior. Do lado interior, parede rebocada ou estanhada exceto nas orlas dos vãos que mantêm a aparência natural da pedra ou revestida a tinta de cor branca;
- Pavimento de laje pré-esforçada com revestimento final em tijoleira cerâmica e soalho elevado constituído por réguas de madeira;
- Teto ou cobertura em abobada constituída por tijolo cerâmico e arcaria em granito aparente;
- Vãos exteriores em caixilho de madeira com vidro duplo. Orla dos vãos em granito aparente, em ambos os lados quer seja exterior ou interior. Sistema de proteção solar dos vãos pelo interior através de portadas em madeira.
- Pé direito médio: 5.0m;
- Aquecimento: AVAC, encontrava-se inativo durante o estudo de campo. No entanto, salienta-se alguns indivíduos dispunham de aquecedores portáteis.



Figura 3.15 Espaço da Sala do Recibo ou Sala de Exposições, Mosteiro de Tibães

A Figura 3.16 apresenta a planta do piso 2, da ala sudeste, com a indicação da localização e posicionamento do equipamento de medição, bem como o registo dos parâmetros ambientais interiores face à compartimentação do Foyer ou Átrio da Hospedaria.

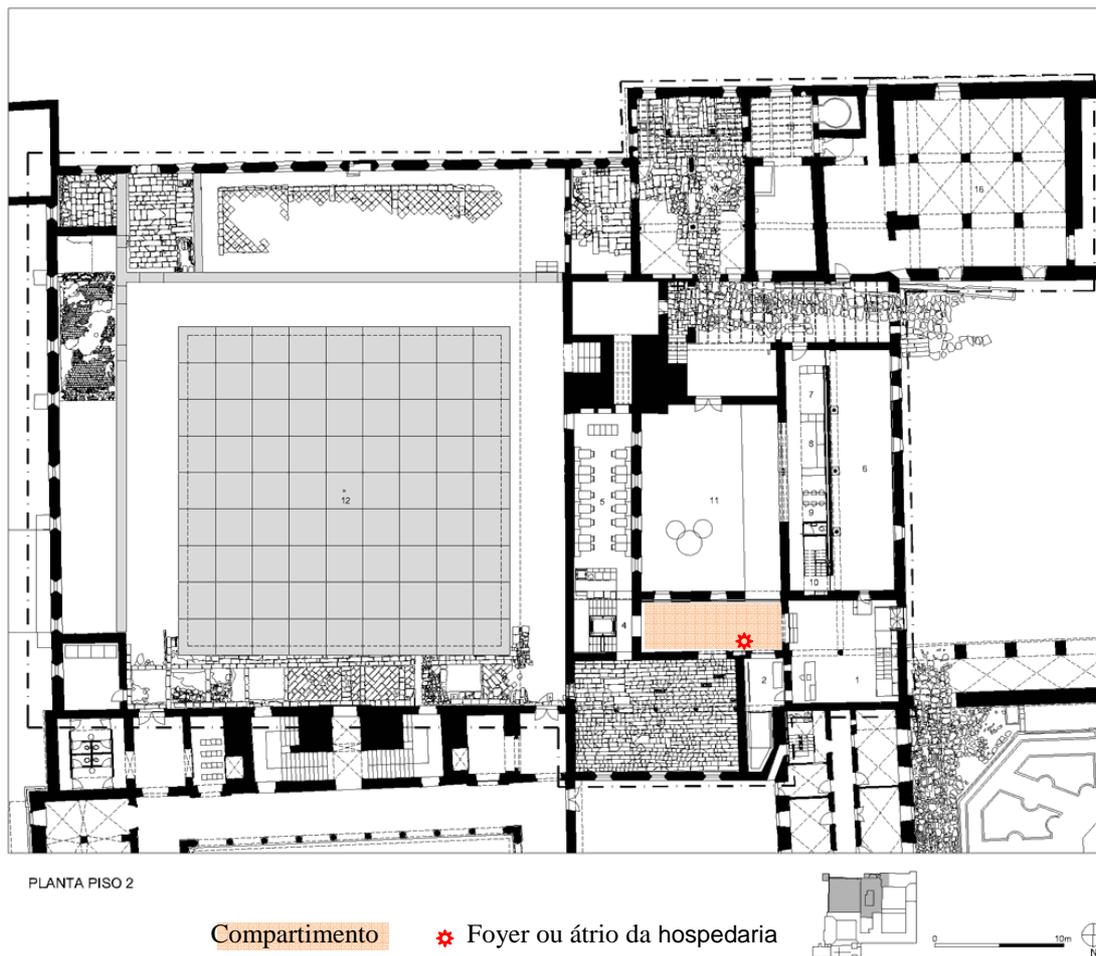


Figura 3.16 Planta parcial do piso 2 com a indicação do posicionamento do equipamento de medição no Foyer ou Átrio da Hospedaria, Mosteiro de Tibães (TIBÃES, 2013)

O Foyer ou Átrio da Hospedaria, Figura 3.17, está localizado numa zona intermédia do Mosteiro orientado a sul para um pátio exterior. O espaço surge no seguimento da receção sem existir qualquer elemento que faça uma separação. De seguida são apresentados os elementos construtivos e materiais da envolvente.

- Paredes exteriores constituídas por alvenaria de granito de 1.0m de espessura de superfície aparente pelo lado exterior. Do lado interior, parede em gesso cartonado;
- Pavimento de laje pré-esforçada com sobreposição de sistema de aquecimento por piso radiante e revestimento final em lajeado de granito;
- Teto de laje pré-esforçada com teto falso em gesso cartonado;

- Vãos exteriores em caixilho de alumínio com vidro duplo. Orla dos vãos com proteção em gesso cartonado. Sistema de proteção solar dos vãos em portadas de madeira colocadas do lado exterior;
- Pé direito: 4.0m;
- Aquecimento: Pavimento radiante.



Figura 3.17 Imagem do interior do Foyer ou Átrio da Hospedaria, Mosteiro de Tibães

3.3.2 Parâmetros ambientais

a. Ambiente interior

Tal como referido anteriormente, a sensação de conforto térmico depende de trocas de calor normalmente associadas à produção de calor corporal do indivíduo e dos parâmetros ambientais que caracterizam o ambiente envolvente. A conjugação destes parâmetros resulta na formação de um microclima.

Na Figura 3.18 apresenta-se o equipamento utilizado no trabalho desenvolvido para medição dos parâmetros ambientais que afetam a situação de conforto térmico de um indivíduo.



Figura 3.18 Equipamento de medição e de registo de parâmetros ambientais

Observando a Figura 3.18 é possível visualizar o Analisador de Microclimas HD32.1 da Delta OHM utilizado para leitura e registo dos parâmetros necessários à avaliação das condições de conforto térmico.

O recurso a este equipamento permitiu armazenar, em cada levantamento, as condições ambientes e os valores medidos pelos transdutores ou sondas em períodos de 15 segundos durante cerca de 10 minutos.

No Quadro 3.4 estão registados os indicadores e parâmetros considerados nos levantamentos efetuados através da medição com Analisador de Microclimas HD32.1 com o programa operativo A: análises Microclimáticas.

Quadro 3.4 Ordem de grandezas obtidas com o Analisador de Microclimas HD32.1 com o programa operativo A: Análises Microclimáticas

Indicadores de:	Parâmetro
Temperatura de bolbo húmido com ventilação natural	T_{nw}
Temperatura do termómetro de globo negro	T_g
Temperatura ambiente	T_a
Humidade relativa	RH
Velocidade do ar	V_a

O Analisador de Microclimas HD32.1 também registou a avaliação da temperatura média radiante com a utilização dos dados da temperatura do termómetro de globo negro, a temperatura do ar e a velocidade do ar.

O equipamento utilizado no registo dos parâmetros ambientais em análises microclimáticas cumpre os requisitos especificados na norma EN ISO 7726: 2001 que define as grandezas e os instrumentos a utilizar nas medições dos ambientes térmicos.

O posicionamento do equipamento nos espaços estudados, para o registo dos parâmetros, foi colocado à altura de 0.60m medido entre o pavimento e os sensores de captação de dados. Esta altura é do valor normalizado (EN ISO 7726: 2001) e correspondente ao nível do abdómen de um indivíduo na posição sentada. Não foi registada a temperatura à altura do tornozelo porque o equipamento de medição dos parâmetros não estava completo, o que impossibilitava a sua leitura.

Durante o processo de registo dos parâmetros foram tidos alguns cuidados, nomeadamente, o de não posicionar o equipamento próximo de elementos da envolvente, como vãos envidraçados ou portas exteriores, e em localizações com incidência direta da radiação do sol, bem como, se evitou o posicionamento em locais que tivessem alguma suscetibilidade de correntes de ar ou ventilação excessiva. A distância mínima da colocação do equipamento aos elementos da envolvente foi de 1m.

As características mais pormenorizadas dos equipamentos de medição e de registo utilizados são apresentados no Anexo I.

a1. Medição dos parâmetros ambientais

As medições foram realizadas em condições normais de utilização do espaço interior. Os espaços analisados foram objeto de medições durante a estação do ano mais fria, no mês de fevereiro do ano 2012, de modo a conhecer as condições ambientais existentes e verificar a situação de conforto térmico.

O facto de proceder à recolha de dados na estação mais fria deve-se à possibilidade de se verificarem as condições de conforto dos espaços com aquecimento comparativamente com outros sem aquecimento.

Durante os levantamentos, foram medidos os parâmetros ambientais e foram aplicados os inquéritos aos utentes dos espaços analisados.

Cada levantamento efetuado teve a duração de 10 minutos (período de registo dos parâmetros ambientais interiores) e foi realizado em pelo menos 2 momentos no mesmo dia em cada espaço (ver descrição no Quadro 3.5), de modo a permitir uma caracterização da variação térmica diária. O

registo de 10 minutos justifica-se pelo facto de tornar possível a leitura em diversos espaços e durante o mesmo dia.

No Quadro 3.5 é apresentado o registo horário das medições efetuadas nos diferentes espaços de cada edifício. Salienta-se que no Mosteiro de Tibães e na Creche de Prado foram realizadas 3 medições, e na Pousada de Santa Marinha foram realizadas 2 medições em cada um dos espaços estudados do edifício.

Quadro 3.5 Registo horário das medições realizadas nos edifícios

Fevereiro de 2012 Dia		9		10		15	
		1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	1. ^a	2. ^a
Mosteiro de Tibães	Foyer da Hospedaria	12:00h	17:00h	10:00h			
	Recepção e Sala de Recibo	11:00h	18:00h	09:00h			
Creche de Prado	Refeitório	15:00h	19:00h	08:00h			
	Cozinha	14:00h	18:00h	08:00h			
Pousada de Santa Marinha	Recepção					10:00h	15:00h
	Sala de Jantar					11:00h	16:00h
	Sala de Festas					12:00h	17:00h

Uma vez que os valores médios horários fornecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) apresentavam a temperatura do ar exterior por cada hora exata, procedeu-se à medição dos parâmetros ambientais interiores pelo Analisador de Microclimas por aproximação a essa mesma hora.

A deslocação entre os diversos edifícios foi delineada de forma que o tempo despendido fosse o mínimo possível, para compatibilizar o trajeto com relações de proximidade e limitação temporal. Também existia o interesse que as medições interiores nos espaços, e respetiva classificação por comparabilidade na relação interior/exterior, fossem realizadas num período temporal o mais reduzido possível entre os diversos registos.

b. Ambiente exterior

Na teoria adaptativa, a perceção térmica dos ocupantes de um edifício está relacionada com as condições climáticas, logo, os parâmetros ambientais exteriores influenciam a determinação de um modelo de conforto térmico adaptativo para o ambiente interior.

Portanto, é fundamental a obtenção dos principais parâmetros climáticos exteriores, nomeadamente, a temperatura do ar. Os valores utilizados foram medidos e registados na estação meteorológica de Merelim, Braga, a mais próxima dos edifícios em estudo. Os dados disponibilizados, em geral, correspondentes a valores horários, reportavam-se ao período com início a cerca de 10 a 15 dias da data de realização de cada levantamento. Foram utilizados os dados da estação meteorológica de modo a obter dados da temperatura exterior com maior fiabilidade.

Com a disponibilidade dos dados climáticos exteriores referentes à temperatura, foi possível caracterizar o clima exterior, sobretudo em termos de índices de temperatura do ar, designadamente, a temperatura média mensal, obtida a partir dos dados disponibilizados pelo IPMA para o mês de fevereiro (ver descrição em 4.1.1).

3.3.3 Parâmetros individuais

Durante a realização dos levantamentos foram considerados os parâmetros individuais, por um lado a atividade física e o vestuário e, por outro, os parâmetros ambientais, de forma a contribuir para o estudo do balanço térmico, resultante das trocas de calor entre o indivíduo e o ambiente envolvente.

Importa referir que os elementos registados, referentes aos parâmetros individuais, foram obtidos através da inquirição dos ocupantes dos edifícios por um questionário (ver descrição em 3.3.4).

A atividade física foi quantificada pela taxa de metabolismo expressa em “M” (met) e em função dos diferentes perfis ocupacionais dos utentes dos edifícios em estudo.

No Quadro 3.6 apresentam-se os valores adotados neste estudo (ASHRAE 55:2010, ISO 7730:2005).

Quadro 3.6 Atividades e respetivas taxas de metabolismo, M, adotadas nos estudos de campo

Perfil ocupacional	Atividade física	M (met)	
Mosteiro de Tibães	Foyer da Hospedaria	Sentado, e com deslocações a outros locais do edifício	1,3
	Receção e Sala de Recibo	Em pé, e com deslocações a outros locais do edifício	1,3
Creche de Prado	Refeitório	Sentado, comendo	1,2
	Cozinha	Em pé, e com deslocações a outros locais do edifício	1,3
Pousada de Santa Marinha	Receção	Sentado, atendimento, e com deslocações a outros locais do edifício	1,3
	Sala de Jantar	Sentado, comendo	1,2
	Sala de Festas	Em pé, e com deslocações a outros locais do edifício	1,3

Na Figura 3.19, são apresentados os valores da resistência térmica do vestuário, para o registo das peças usadas pelos ocupantes no decurso do preenchimento do questionário.

CAMISA / BLUSA			SAPATOS		
de verão, manga curta	(0.15)	<input type="checkbox"/>	Sola fina / Ténis de pano	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de verão, manga comprida	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Sola grossa / Ténis desportivo	(0.04)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Sandália / Chinelo	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de flanela	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Bota	(0.10)	<input type="checkbox"/>
T-shirt	(0.09)	<input type="checkbox"/>	ROUPA INTERIOR		
Polo de malha	(0.17)	<input type="checkbox"/>	Camisola de alças	(0.04)	<input type="checkbox"/>
CALÇA			Camisola, manga curta	(0.09)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Camisola, manga comprida	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de meia estação / ganga	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Cueca / Slip	(0.03)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.28)	<input type="checkbox"/>	Boxer	(0.04)	<input type="checkbox"/>
Calções	(0.08)	<input type="checkbox"/>	Sutiã	(0.01)	<input type="checkbox"/>
Macacão	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Combinação	(0.15)	<input type="checkbox"/>
SAIA			Ceroula	(0.10)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.15)	<input type="checkbox"/>	BLAZER / BLUSÃO		
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>
VESTIDO			de inverno	(0.35)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Colete	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.40)	<input type="checkbox"/>	Casaco	(0.60)	<input type="checkbox"/>
CAMISOLA / PULÓVER			Parka	(0.70)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>	OUTRAS PEÇAS DE ROUPA		
de inverno	(0.36)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sem mangas	(0.22)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sweatshirt	(0.30)	<input type="checkbox"/>	_____		
MEIAS			_____		
finas	(0.02)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo tornozelo	(0.05)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo Joelho	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		
de Nylon	(0.03)	<input type="checkbox"/>	_____		
Collants	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		

Figura. 3.19 Resistências térmicas de peças de vestuário correntemente usadas pelos ocupantes dos edifícios estudados (clo)

3.3.4 Parâmetros subjetivos

a. Avaliação dos parâmetros

As condições de conforto térmico estão relacionadas com determinação dos parâmetros subjetivos, que são avaliados através da aplicação de inquéritos por questionários ou entrevistas.

O processo de obtenção de informação foi através da realização de inquéritos por questionário para garantir a comparabilidade das respostas dos inquiridos, sendo que todas as questões foram colocadas da mesma forma a todos os inquiridos, sem adaptações ou explicações adicionais (Ghiglione & Matalon, 1993).

A conceção do questionário foi determinada com a preocupação de desenvolver um documento final o menos extenso possível e com um tempo de preenchimento que fosse rápido. De forma a assegurar a clareza e a inteligibilidade adequada do questionário aos utentes dos espaços estudados, procurou-se que a apresentação das questões seguisse uma sequência lógica, e que estas fossem definidas de uma forma simples, clara e concisa.

O questionário foi aplicado por amostragem transversal aos ocupantes dos espaços estudados e durante o período de realização das medições da temperatura (ver Quadro 3.1). De seguida, apresenta-se a organização e o conteúdo principal do questionário, com base em inquéritos já utilizados com sucesso noutros estudos (Correia Guedes, 2000; Matias, 2010), e de acordo as normas ASRAE 55:2010 e ISO 7730:2005.

b. Escalas da sensação e preferência térmica

O conforto térmico pela sua natureza subjetiva está relacionado com as condições de conforto que um espaço interior proporciona ou poderá proporcionar a um indivíduo ou a um universo maior que ocupa esse espaço.

O recurso a um questionário para obtenção de opiniões que permitam a avaliação da perceção térmica possibilita a definição de padrões de conforto térmico em relação ao ambiente e ao espaço onde se encontram.

As perguntas colocadas no questionário foram definidas tendo em conta escalas subjetivas de forma a permitirem uma avaliação da perceção térmica que os inquiridos apresentam em relação ao ambiente térmico envolvente.

As escalas de avaliação da sensação e de preferência térmica utilizadas neste estudo foram adaptadas da ASHRAE 55:2010 e de Matias (2010) de forma a ficar ajustadas ao âmbito do presente trabalho.

No Quadro 3.7 são apresentados os modelos utilizados para as escalas.

Quadro 3.7 Escalas térmicas adotadas no presente estudo (ASHRAE 55:2010; Matias, 2010)

Sensação térmica (Escala 1)		Preferência térmica (Escala 2)	
Como se <u>sente</u> neste momento?		Como <u>gostaria</u> que estivesse o ambiente térmico?	
Muito quente	+3	Muito mais quente	+3
Quente	+2	Mais quente	+2
Ligeiramente quente	+1	Ligeiramente mais quente	+1
Nem quente nem frio	0	Tal como está	0
Ligeiramente frio	-1	Ligeiramente mais frio	-1
Frio	-2	Mais frio	-2
Muito frio	-3	Muito mais frio	-3

Em consonância com as características apresentadas, a estrutura do inquérito por questionário foi definida por algumas questões acompanhadas de uma escala. Por cada categoria apresentada selecionou-se um algarismo, com uma variação entre -3 e +3, possibilitando, assim, a realização de uma análise mais detalhada.

c. Estrutura e conteúdo do questionário

O questionário é constituído por uma breve apresentação do estudo proposto seguido de uma breve descrição dos objetivos. De seguida, o questionário foi estruturado por cinco grupos de questões separadas por diferentes conteúdos com o objetivo deste instrumento ser o mais claro e objetivo.

O primeiro grupo, Figura 3.19, foi reservado à inquirição sobre características pessoais, nomeadamente, o tipo de vestuário utilizado durante o período das medições.

Para o segundo grupo, as questões (Figura 3.20) incidiram sobre a perceção térmica e a classificação do ambiente térmico em que se encontravam os utentes no momento de preenchimento do inquérito. Para este caso, foram colocadas escalas de opinião subjetivas, de forma a possibilitar opiniões sobre as suas perceções relativamente à sensação, preferência, aceitabilidade e tolerância ao ambiente térmico do espaço em que permaneciam nesse mesmo momento.

2.1 Como se SENTE, neste momento?

Muito frio	Frio	Ligeiramente frio	Nem frio nem quente	Ligeiramente quente	Quente	Muito quente
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.2 Como CONSIDERA o ambiente térmico, neste momento?

Confortável	Ligeiramente confortável	Desconfortável	Muito desconfortável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3 Neste momento, como GOSTARIA que o ambiente térmico estivesse?

Muito mais frio	Mais frio	Ligeiramente mais frio	Tal como está	Ligeiramente mais quente	Mais quente	Muito mais quente
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.4 Em termos de TOLERÂNCIA como classifica o ambiente térmico, neste momento?

Tolerável	Pouco tolerável	Muito pouco tolerável	Intolerável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura. 3.20 Escalas de sensações adotadas no questionário

No conjunto seguinte de perguntas, apresentadas na Figura 3.21, foram colocadas questões aos inquiridos sobre ações adaptativas que eventualmente tenderiam a desenvolver durante o período de medição ou que desejariam ter adotado, por ajustamento individual no que respeita à alteração do vestuário utilizado e mudança de localização/posição na sala.

3.1 Alterou o seu vestuário no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico?

Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.1.1 Se respondeu SIM, indique de seguida a(s) peça(s) de roupa que despiu ou vestiu.

Peças de roupa

Despiu _____

Vestiu _____

3.1.2 Se respondeu NÃO. Indique porque razão não o fez:

Não senti necessidade	<input type="checkbox"/>	Senti necessidade, mas não mudei por constrangimento:	→	Pessoal	<input type="checkbox"/>
Não alteraria nada	<input type="checkbox"/>		→	Institucional ou profissional	<input type="checkbox"/>

Figura. 3.21 Ajustamento individual (adaptação reativa)

A Figura 3.22 apresenta as questões sobre o ajustamento ambiental com os procedimentos de abrir/fechar janela ou porta, ativar/desativar dispositivos de sombreamento ou de climatização.

3.3 Durante a última hora, assinale se tomou algumas das seguintes medidas com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico.

1. Abrir / fechar uma janela	<input type="checkbox"/>	6. Alterar a temperatura do aquecimento	<input type="checkbox"/>
2. Abrir / fechar uma porta	<input type="checkbox"/>	7. Outra _____	<input type="checkbox"/>
3. Ligar / desligar uma ventoinha	<input type="checkbox"/>		
4. Subir / descer estores ou correr cortinas	<input type="checkbox"/>	8. Não tomei nenhuma	<input type="checkbox"/>
5. Ligar / desligar o aquecimento	<input type="checkbox"/>		

3.3.1 Relativamente às medidas anteriores que NÃO TOMOU, indique no quadro, quais GOSTARIA DE TER REALIZADO e as razões porque não as realizou:

medidas	razão

Figura. 3.22 Ajustamento ambiental (adaptação interativa)

De forma a obter informação sobre a vivência térmica quotidiana, questionou-se os inquiridos sobre os sistemas de climatização a que recorrem com mais frequência em outros espaços interiores, como por exemplo em casa e no meio de transporte em que se deslocam (Figura 3.23).

4 Indique se possui algum dos seguintes SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO de aquecimento e arrefecimento:

- Em casa

Aquecedor a óleo	<input type="checkbox"/>	Aquecimento central	<input type="checkbox"/>
Aquecedor elétrico	<input type="checkbox"/>	Ventoinha	<input type="checkbox"/>
Aquecedor a gás	<input type="checkbox"/>	Ar condicionado	<input type="checkbox"/>
Lareira	<input type="checkbox"/>	Outro:	<input type="checkbox"/>
- No carro

Ar condicionado	<input type="checkbox"/>
-----------------	--------------------------

Figura 3.23 Posse e uso de sistemas de climatização noutros espaços interiores

O último grupo de questões permitiu obter informação relacionada com a caracterização sociográfica da amostra, registando-se a faixa etária e género dos inquiridos, o local de proveniência, bem como a altura e o peso.

Atendendo aos diferentes perfis ocupacionais e características sociográficas da amostra estudada foram introduzidas pequenas variações na aplicação do questionário. Assim, para o edifício escolar,

foi apresentado aos inquiridos (funcionários) o mesmo questionário em função dos espaços que ocupavam nesse momento e na altura que estavam a ser realizadas as medições dos parâmetros ambientais.

No Anexo II apresenta-se o modelo do questionário disponibilizado aos utentes inquiridos. Da mesma forma, para os estabelecimentos hoteleiros, foi concebido um questionário em inglês de forma a possibilitar o preenchimento de potenciais inquiridos com proveniência externa a Portugal (Anexo II).

3.4 Organização dos dados e métodos de análise

3.4.1 Bases de dados

Referida a metodologia para registo da informação durante o trabalho de campo, a informação foi processada em bases de dados constituídas para o efeito.

As bases de dados foram especificadas em função das diversas variantes do registo das medições dos parâmetros ambientais interiores e exteriores e dos questionários preenchidos de acordo com a informação dos inquiridos. Em cada base de dados foi registada informação referente aos edifícios e aos espaços estudados, aos levantamentos efetuados e aos utentes inquiridos. E correspondem ao registo dos parâmetros ambientais interiores dos valores médios das medições de cada espaço estudado durante o período de dez minutos e efetuado o registo horário.

Do mesmo modo, foram também incluídos os parâmetros ambientais exteriores, da Estação de Merelim, fornecidos pelo IPMA tendo em conta os respetivos valores horários dos índices de temperatura média.

Também foi constituída uma base de dados com os valores médios dos parâmetros individuais e das perceções térmicas (sensação, preferência e tolerância), calculados com base nos valores individuais retirados da base de dados dos inquiridos.

Seguidamente, os resultados compilados na base de dados foram tratados com recurso ao programa informático Microsoft Office Excel 2007.

3.4.2 Métodos de análise

a. Modelo analítico – método de Fanger

Segundo o método de Fanger (1970) sobre a análise das condições de conforto térmico e que foi implementada nas principais normas internacionais (EN ISO 7730:2005, ASHRAE 55 2010 e EN 15251:2007), o balanço térmico está associado ao conhecimento de diferentes variáveis, de forma a proceder ao cálculo de calor acumulado no corpo, com a determinação dos índices PPD e PMV (ver descrição em 2.3.4.3).

A metodologia é baseada na determinação das variáveis que integram a equação de balanço térmico mediante as medições realizadas das condições ambientais durante a ocupação dos espaços, da resistência térmica do vestuário utilizado pelos ocupantes dos edifícios, bem como, da atividade física desenvolvida (taxa de metabolismo), em cada espaço interior dos edifícios analisados.

Depois de obtidos os indicadores, dos parâmetros registados, procedeu-se à determinação dos índices PMV e PPD e da temperatura operativa através de um modelo de cálculo, Figura 3.21, baseado num programa de software denominado de PMVcalc versão 2.0, e modificado por Håkan Nilsson do Department of Technology and Built Environment, Laboratory of Ventilation and Air Quality University of Gävle [adaptado de (Shaharon & Jalaludin, 2012)].

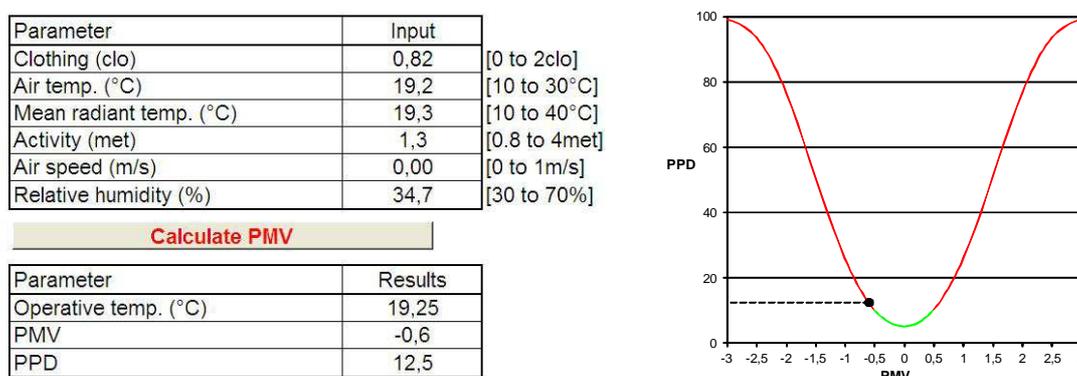


Figura. 3.24 Cálculo dos índices PMV/PPD e da temperatura operativa (ISO 7730) para cada espaço ambiente [adaptado de (Shaharon & Jalaludin, 2012)]

b. Modelo adaptativo

Tendo em conta os vários documentos normativos (ASHRAE 55, 2010; EN 15251:2007) acerca dos modelos adaptativos, optou-se por considerar a temperatura média exterior durante o mês de fevereiro, e que foi registada pelo IPMA (ver descrição em 4.1.1).

De acordo com modelo de análise utilizado, a verificação das condições de conforto foi determinada através da comparação entre os valores ótimos de conforto térmico (previstos na ASHRAE 55:2010 para o modelo adaptativo e adaptado a Portugal) e as condições de conforto existentes (ver descrição em 2.3.4.3).

A Figura 4.11 apresenta os valores de temperatura de conforto térmico, em função do estado de funcionamento do sistema de climatização existente, eventualmente, no espaço interior. Este modelo permite verificar as condições de conforto em espaços com aquecimento e sem aquecimento.

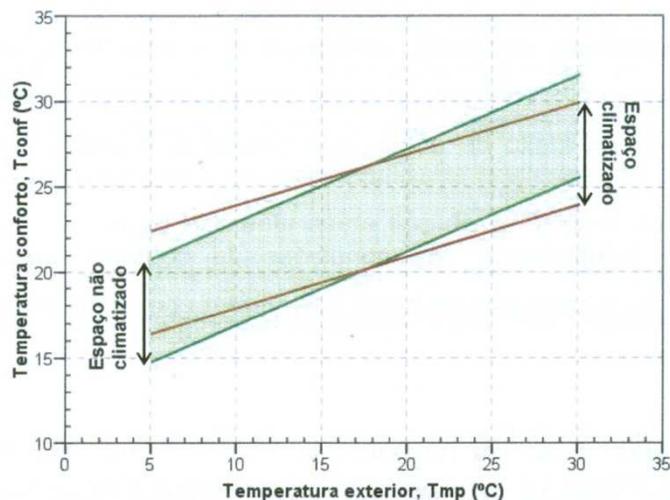


Figura 3.25 Temperaturas de conforto térmico para espaços interiores (Matias, 2010)

Nesta situação, foi utilizada a temperatura operativa, T_{op} , (Figura 3.21) e a temperatura média exterior ponderada, T_{mp} , obtida através dos dados fornecidos pelo IPMA.

As gamas de temperatura representam a existência de maior tolerância dos ocupantes em termos de limites extremos de conforto térmico nos espaços não climatizados, comparativamente com os espaços climatizados. Este modelo adaptativo e adaptado a Portugal (Matias, 2010) serviu para determinar as condições de conforto existentes no interior dos edifícios, e análise das condições ambientais mais adversas verificadas em alguns espaços.

c. Percepção dos ocupantes

Através da caracterização da amostra, foram determinados os pressupostos sobre a sensação e preferência térmica dos ocupantes dos espaços analisados em relação ao conforto térmico.

O processo utilizado para a obtenção de resultados foi baseado na sensação, preferência e tolerância evidenciada pelos ocupantes, assim como nas ações tomadas no sentido de melhorar as condições de conforto térmico.

4. TRATAMENTO DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Temperatura

4.1.1 Temperatura exterior

A temperatura exterior é um parâmetro fundamental com influência direta nas condições de conforto térmico e está relacionada com a percepção térmica de um dado ambiente interior.

A amplitude térmica em Portugal regista variações acentuadas em algumas regiões, com diferenças diárias superiores a 25 °C (Figura 4.1).

Na Figura 4.1 é apresentada a amplitude térmica registada durante o mês de fevereiro de 2012, com maior incidência para determinadas zonas do país, nomeadamente na região onde estão localizados os edifícios (ver descrição em 3.2.1.1).

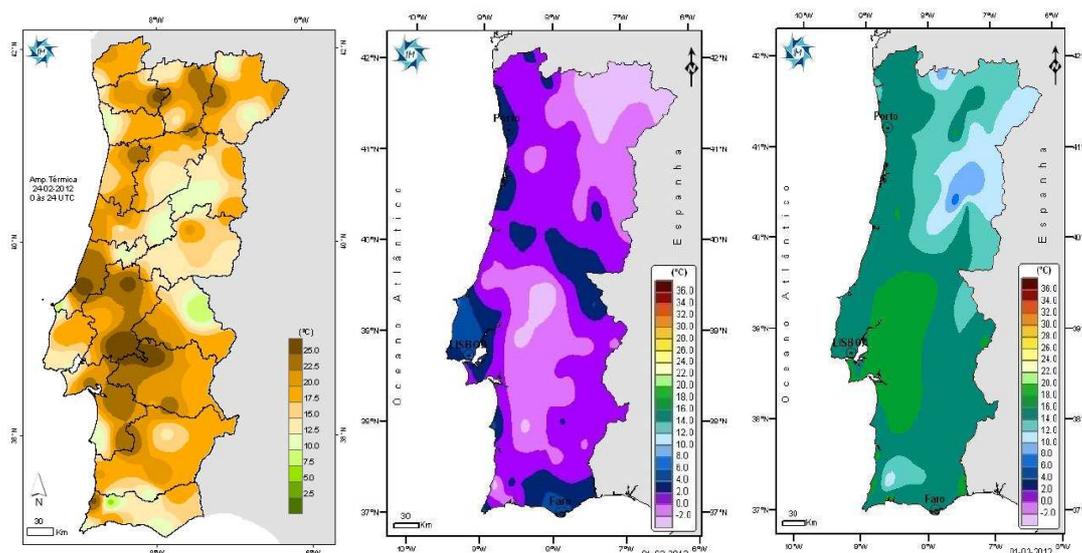


Figura 4.1 Temperatura média da amplitude térmica (mapa à esquerda); média da temperatura mínima do ar (mapa ao centro); e média da temperatura máxima do ar (mapa à direita), em Fevereiro de 2012.

De realçar que, a média registada das temperaturas apresentadas, quer de valores mínimos e máximos, quer da amplitude térmica, apresentavam na zona norte, nomeadamente na região do Cávado e Ave registos constantes. Portanto, durante a fase de execução dos levantamentos e das medições dos parâmetros ambientais nos espaços interiores, o registo exterior manteve-se com uma temperatura média mínima entre os 0 °C e os 2 °C e uma temperatura média máxima entre os 14 °C e 16 °C. A média mensal da temperatura do ar registada durante o mês de fevereiro foi de 8°C.

No gráfico da Figura 4.2, são apresentados os valores mínimos e máximos de temperatura registados entre o dia 3 e o dia 15 de fevereiro de 2012, na estação meteorológica de Merelim com a referência de [EST » Braga / Merelim (01210622)], pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

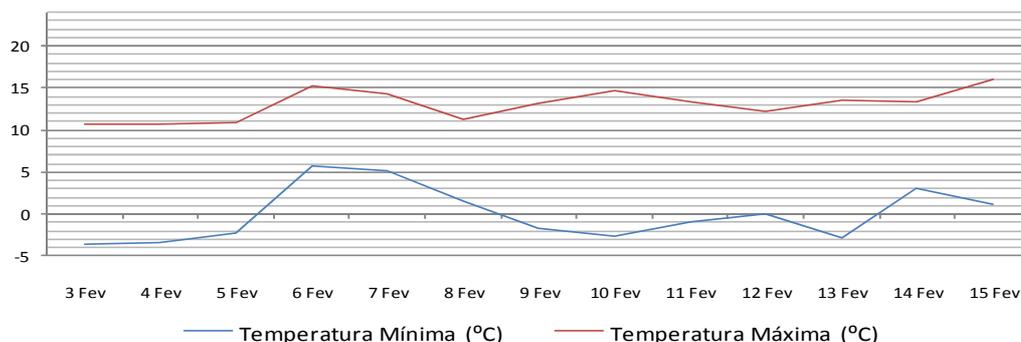


Figura 4.2 Registo da temperatura exterior

As temperaturas mínimas registadas pelo IPMA na Estação de Merelim/Braga apresentam valores negativos do dia 3 ao 5 e do dia 9 ao 13, e para o dia 12 apresenta uma temperatura mínima de 0 °C. Para os restantes dias foram registadas temperaturas mínimas dentro de valores positivos.

4.1.2 Temperatura interior

Com o intuito de verificar as condições de conforto existentes no interior dos espaços, foram obtidos os dados da temperatura e velocidade do ar, bem como a humidade relativa, através dos registos efetuados pelo equipamento de medição, o Analisador de Microclimas HD32.1 da Delta OHM.

Para a obtenção dos dados referentes à temperatura radiante, foram também considerados os registos efetuados pelo equipamento de medição, uma vez que este executava a leitura das diversas variáveis ambientais, nomeadamente a temperatura de bolbo negro. Ou seja, através do registo desta variável foi determinada a temperatura radiante.

Através da média entre a temperatura radiante, T_r , e da temperatura do ar, T_a , ponderadas pelos respetivos coeficientes de transferência de calor foi obtida a temperatura operativa, T_{op} . Tal como

foi referenciado trata-se de uma variável fundamental para determinar as condições de conforto existentes. Estes resultados foram obtidos através do programa de software PMVcalc versão 2.0.

4.1.3 Análise do conforto térmico

Os valores médios dos diversos resultados obtidos são apresentados graficamente de forma a visualizar e comparar estes valores com as condições térmicas exteriores e com as condições de conforto térmico estipuladas pelas normas

De acordo com a descrição da metodologia utilizada no presente estudo, os vários parâmetros (ambientais e individuais) acima enunciados foram avaliados para cada levantamento efetuado nos estudos de campo, possibilitando o cálculo PMV/PPD e a sua comparação com a sensação térmica expressa pelos utentes dos espaços estudados.

Para estimar o PPD e PMV, bem como a temperatura operativa, foram calculados os diversos parâmetros registados em cada espaço estudado. De notar que foi efetuado o cálculo da média sobre a totalidade dos registos verificados durante o período de cada medição.

Portanto, de seguida, conforme os levantamentos e medições dos parâmetros interiores e exteriores são apresentados os resultados referentes aos compartimentos alvo deste estudo.

a. Pousada de Santa Marinha

No edifício da Pousada de Santa Marinha foram realizados dois registos em cada um dos três compartimentos selecionados para o estudo e diferenciados quanto ao sistema de aquecimento utilizado. As medições foram efetuadas entre as 10:00h e as 16:00h no dia 15 de fevereiro de 2012.

Na Figura 4.3 estão representados os valores da medição da temperatura do ar interior registada no espaço da Recepção da Pousada de Santa Marinha e a temperatura exterior.

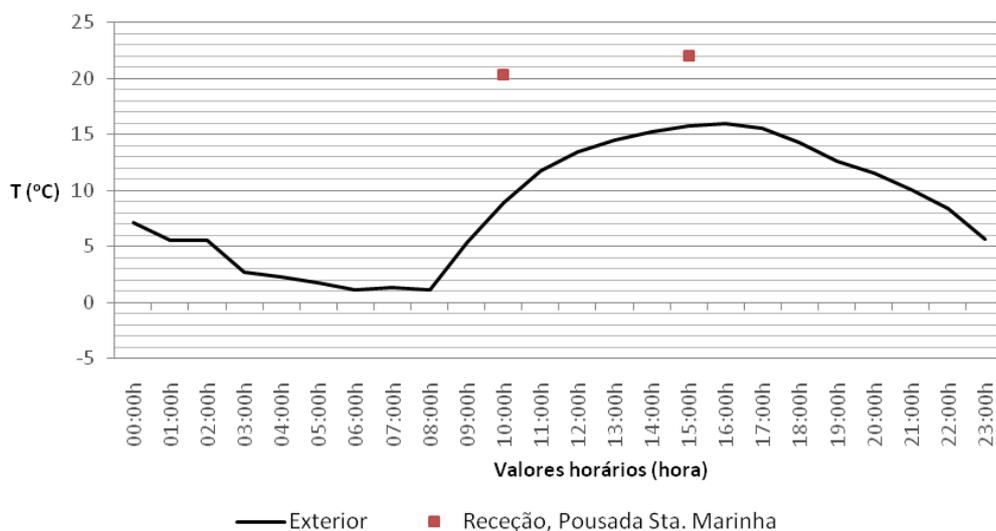


Figura 4.3 Registro da temperatura do ar na Recepção da Pousada de Sta. Marinha

A recepção e a sala contígua designada de sala de estar, têm o sistema de aquecimento por pavimento radiante e verificou-se que permanecia ligado ininterruptamente durante o período de inverno.

Visualizando a Figura 4.3, constata-se que no momento de registo dos parâmetros ambientais interiores, a temperatura permanecia acima dos 20 °C e salienta-se também que, embora a temperatura exterior fosse um pouco mais baixa, era frequente a abertura das portas para o exterior, para permitir a saída dos ocupantes, o que poderia potenciar um arrefecimento temporário.

No Quadro 4.1 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o resultado da temperatura operativa, bem como, os índices PMV e PPD.

Quadro 4.1 Valores médios dos parâmetros registados na Recepção da Pousada de Sta. Marinha

Parâmetro	Valor médio	
	1ª medição	2ª medição
Vestuário (clo)	0,82	0,82
Temperatura do ar (°C)	20,4	22,0
Temperatura média radiante (°C)	20,8	22,9
Atividade (met)	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,07	0,05
Humidade Relativa (%)	30	30
Valores calculados		
Temperatura Operativa (°C)	20,6	22,5
PMV	-0,4	0,0
PPD	8,3	5,0

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.1, retiram-se as seguintes ilações:

- Os ocupantes que permaneciam neste espaço não vestiam peças de roupa muito quentes, valor médio de resistência térmica da roupa de 0,82 clo;
- A temperatura do ar e a temperatura radiante teve na segunda medição um aumento de aproximadamente 2°C em relação à primeira medição, esta situação poderá ter acontecido porque durante a primeira medição a temperatura exterior se encontrava mais baixa e era mais frequente a entrada e saída de ocupantes, e eventualmente uma tendência para o arrefecimento das condições ambientais interiores;
- Os valores dos parâmetros da velocidade do ar e humidade relativa entre as duas medições mantiveram-se constantes.

Quanto aos valores calculados para a temperatura operativa e PMV/PPD (Quadro 4.1 e Figura 4.4) permitem considerar que os ocupantes que permaneciam no espaço da Receção da Pousada de Santa Marinha se encontravam numa situação de conforto. Esta situação era esperada, uma vez que o sistema de climatização estava em funcionamento.

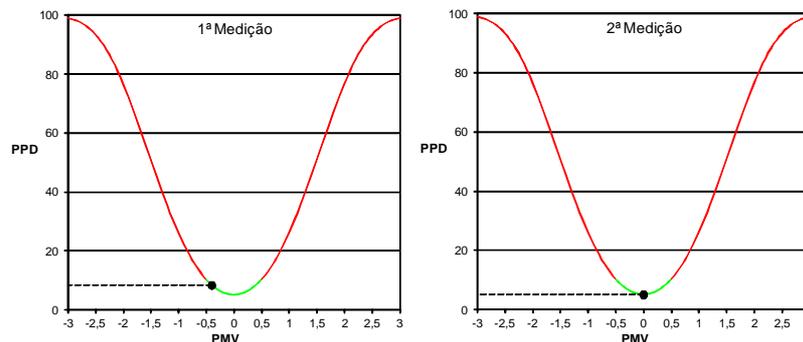


Figura 4.4 Valores do PMV/PPD para a Receção da Pousada de Sta. Marinha

Os indicadores das medições demonstram, na globalidade, que as gamas de temperatura média se situavam dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005 para as condições de conforto térmico aceitáveis.

Embora os ocupantes tenham preenchido o questionário no espaço da receção da Pousada de Sta. Marinha, os dados obtidos referentes para a atividade e vestuário destes, serão considerados para os restantes espaços estudados no edifício da Pousada.

Na Figura 4.5, são apresentados os valores referentes ao registo da temperatura do ar interior para o espaço da Sala de jantar e a relação com a temperatura exterior.

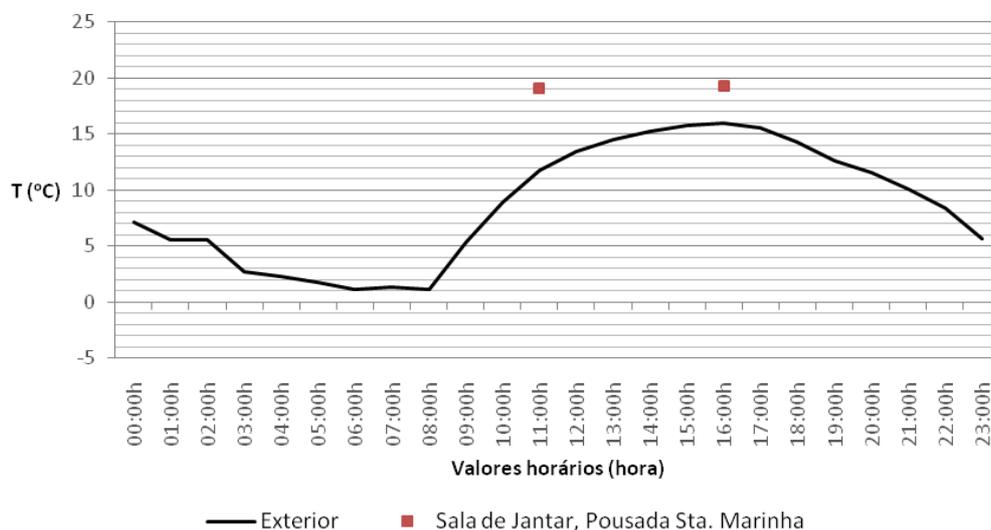


Figura 4.5 – Registo da temperatura do ar na Sala de jantar da Pousada de Sta. Marinha

Os valores registados indicam que a temperatura se mantinha próxima aos 19°C, um valor um pouco baixo do que os valores registados na Receção, eventualmente, por este espaço possuir um sistema de climatização baseado em ar-condicionado de tipo split.

No Quadro 4.2 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o resultado da temperatura operativa, bem como, os índices PMV e PPD.

Quadro 4.2 Valores médios dos parâmetros registados na Sala de Jantar da Pousada de Sta. Marinha

Parâmetro	Valor médio	
	1ª medição	2ª medição
Vestuário (clo)	0,82	0,82
Temperatura do ar (oC)	19,1	19,3
Temperatura média radiante (oC)	19,2	19,4
Atividade (met)	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,01	0,006
Humidade Relativa (%)	33	36
Valores calculados		
Temperatura Operativa (oC)	19,2	19,4
PMV	-0,7	-0,6
PPD	15,3	12,5

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.2, na Sala de jantar da Pousada de Sta. Marinha, obtiveram-se as seguintes ilações:

- À semelhança da Recepção, os ocupantes não vestiam peças de roupa demasiado quentes, valor médio de 0,82 clo;
- A temperatura do ar e a temperatura radiante são ligeiramente superiores na 2ª medição, talvez se justifique pelo facto da temperatura exterior ser igualmente superior;
- Os valores dos parâmetros da velocidade do ar e humidade relativa entre as duas medições mantiveram-se constantes.

Quanto aos valores calculados para a temperatura operativa e PMV/PPD (Quadro 4.4 e Figura 4.6) permitem considerar que os ocupantes que permaneciam no espaço da Sala de jantar da Pousada de Sta. Marinha se encontravam numa situação de desconforto, embora, se encontrem no limite entre o estado confortável e desconfortável, com maior prevalência durante a segunda medição.

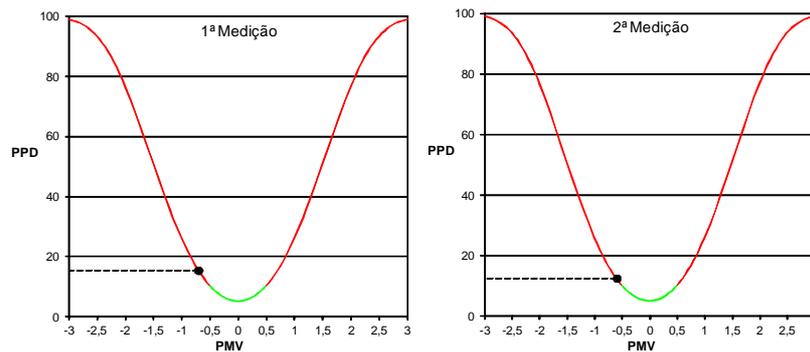


Figura 4.6 Valores do PMV/PPD para a Sala de Jantar da Pousada de Santa Marinha

Face aos indicadores das medições permite considerar que o vestuário, por ser constituído de baixa resistência térmica (clo), condicionou os resultados obtidos e daí que um eventual aumento da resistência térmica permitiria atingir a temperatura de conforto segundo os parâmetros estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005 para as condições de conforto térmico aceitáveis.

Na Figura 4.7 está registada a temperatura do ar na Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha e a temperatura exterior. Aqui é perceptível uma temperatura interior reduzida devido à inexistência de um sistema climatização em funcionamento.

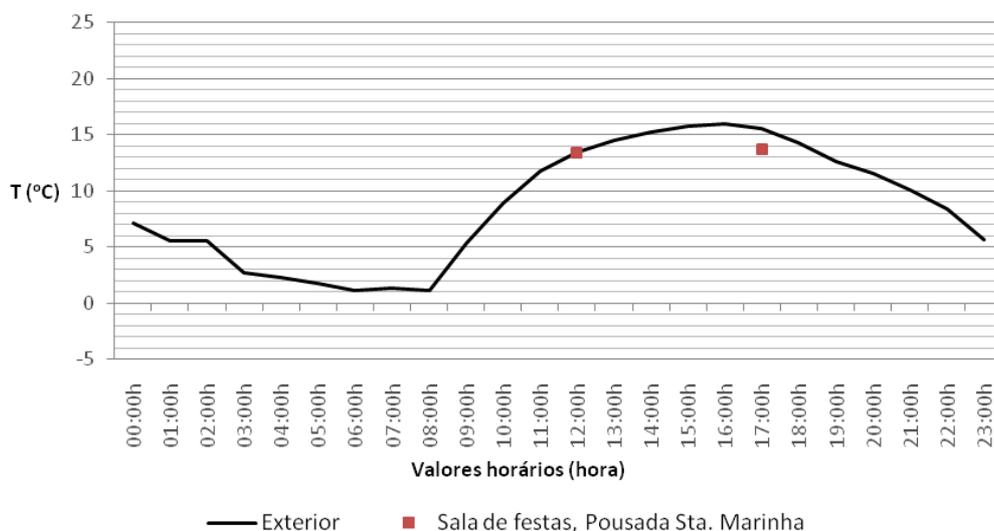


Figura 4.7 Registo da temperatura do ar na Sala festas da Pousada de Sta. Marinha

No Quadro 4.3 são apresentados os valores médios de cada medição e determinados os resultados da temperatura operativa, bem como, dos índices PMV e PPD.

Quadro 4.3 Valores médios dos parâmetros registados na Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha

Parâmetro	Valor médio	
	1ª medição	2ª medição
Vestuário (clo)	0,82	0,82
Temperatura do ar (°C)	13,4	13,7
Temperatura média radiante (°C)	13,3	13,6
Atividade (met)	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,001	0,004
Humidade Relativa (%)	39	41
Valores calculados		
Temperatura Operativa (°C)	13,4	13,7
PMV	-1,9	-1,8
PPD	72,1	67,0

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.3, considera-se que a temperatura do ar e a temperatura radiante são relativamente baixas. A segunda medição dos parâmetros referentes à temperatura apresentou valores inferiores aos registados no exterior.

Quanto aos valores calculados para a temperatura operativa e para os índices PMV/PPD (Quadro 4.3 e Figura 4.8) permitem considerar que os ocupantes que permaneciam no espaço da Sala de

festas da Pousada de Sta. Marinha se encontravam numa situação de desconforto, embora esta situação fosse previsível, uma vez, que não existia um sistema de aquecimento em funcionamento.

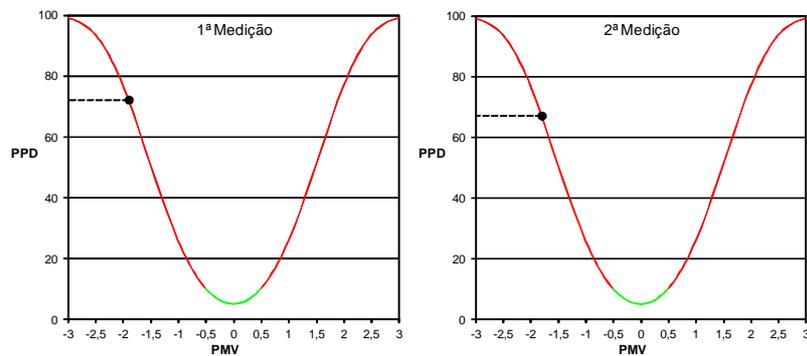


Figura 4.8 Valores do PMV/PPD para a Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha

De acordo com os indicadores das medições, a discrepância d de temperatura é demasiada face aos valores estabelecidos pelas normas ASHRAE e ISO 7730 para as condições de conforto térmico aceitáveis.

Por comparação entre os diversos registos realizados nos diferentes espaços da Pousada de Santa Marinha verificou-se que o sistema baseado em pavimento radiante é o que melhor desempenho térmico exerce sobre o espaço interior.

b. Creche de Prado

Na Creche de Prado foram realizados três registos em cada um dos espaços seleccionados para o estudo, com um horário repartido por três fases, mais concretamente com os dois primeiros registos respetivamente às 11:00h e 19:00h do dia 9 de fevereiro e o terceiro registo pelas 08:00h dia 10, de fevereiro de 2012.

Na Figura 4.9 apresenta-se o registo dos valores da temperatura do ar interior verificada no compartimento do Refeitório e a relação existente com o exterior.

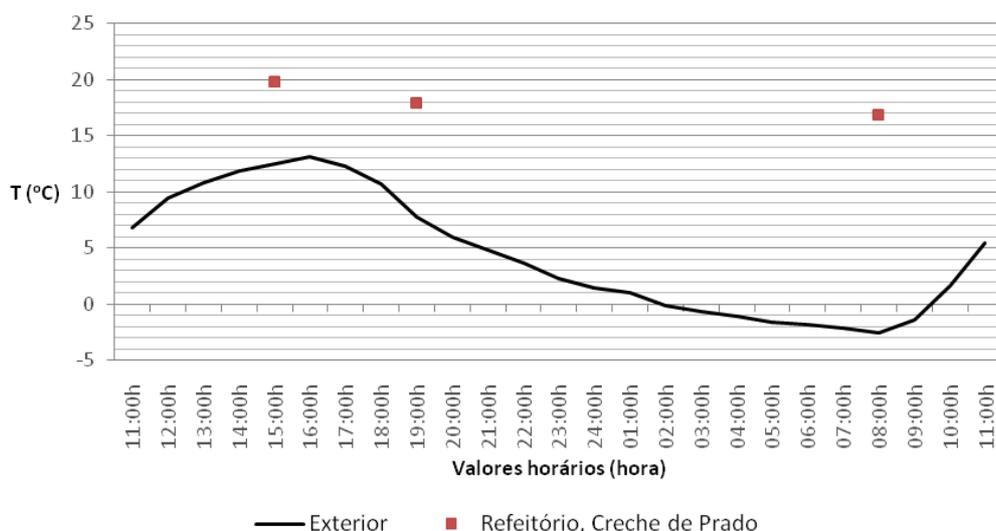


Figura 4.9 Registo da temperatura do ar no Refeitório da Creche de Prado

Os resultados mostram que a temperatura do ar do refeitório (Figura 4.9) atinge a um valor máximo muito próximo dos 20 °C e um valor mínimo de 17 °C. O sistema de climatização utilizado consiste em aquecimento por piso radiante, conforme verificado no local, e estava em funcionamento ininterruptamente.

Também se pode verificar que, a temperatura exterior quando desce significativamente influencia a temperatura do ar interior sendo esta reduzida cerca de 2 a 3°C.

No Quadro 4.4 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o resultado da temperatura operativa, bem como, do PPD e PMV registados no espaço do Refeitório da Creche de prado.

Quadro 4.4 Valores médios dos parâmetros registados no Refeitório da Creche de Prado.

Parâmetro	Valor médio		
	1ª medição	2ª medição	3ª medição
Vestuário (clo)	1,32	1,32	1,32
Temperatura do ar (oC)	19,8	17,9	17,0
Temperatura média radiante (oC)	19,5	18	17,5
Atividade (met)	1,2	1,2	1,2
Velocidade do ar (m/s)	0,04	0,02	0,08
Humidade Relativa (%)	30	35	42
Valores calculados			
Temperatura Operativa (oC)	18,5	18,4	17,3
PMV	-0,3	-0,2	-0,5
PPD	6,9	5,8	10,2

Das três medições, de acordo com o Quadro 4.4, retirou-se as seguintes ilações:

- A primeira medição da temperatura radiante e do ar apresenta o valor mais alto, e que esta vai diminuindo gradualmente até à última medição (cerca de 2 a 3oC).
- A variação da velocidade do ar e da humidade relativa é mais intensas na terceira medição.

Quanto aos valores calculados para T_{op} , e para o PMV/PPD (Quadro 4.4 e Figura 4.10) permitem considerar que os ocupantes no espaço do Refeitório da Creche de Prado se encontravam numa situação de conforto, embora na terceira medição os resultados apontam para uma margem tangencial.

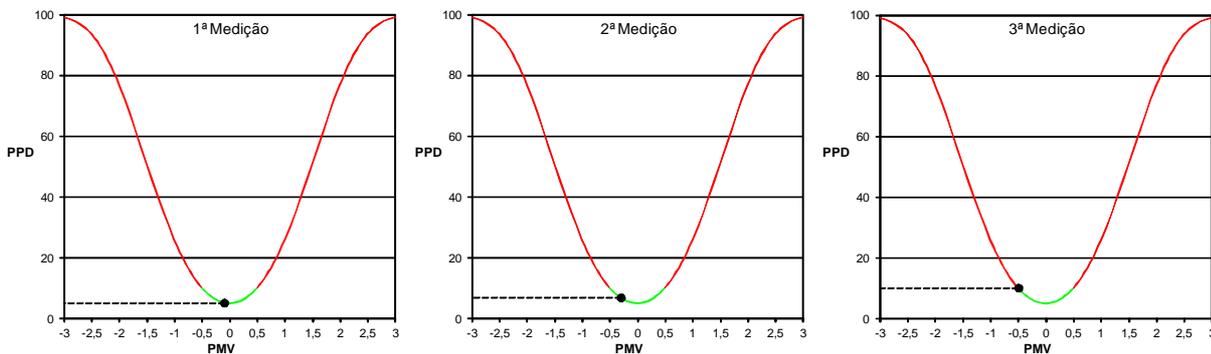


Figura 4.10 Valores do PMV/PPD para o Refeitório da Creche de Prado

Os indicadores das medições demonstram na globalidade que os valores médios apontam para uma convergência dos parâmetros estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e EN ISO 7730:2005 e portanto, consideram-se os valores aceitáveis, ou seja, consideram-se que os valores apresentados das condições de conforto térmico estão dentro dos parâmetros estabelecidos pelas referidas normas.

Este processo de cálculo foi utilizado exclusivamente para o espaço do Refeitório da Creche de Prado pelo facto de o questionário ter sido preenchido apenas pelos ocupantes deste espaço.

De seguida, na Figura 4.11, são apresentados os valores da temperatura do ar na Copa e a sua relação com a temperatura ambiente exterior.

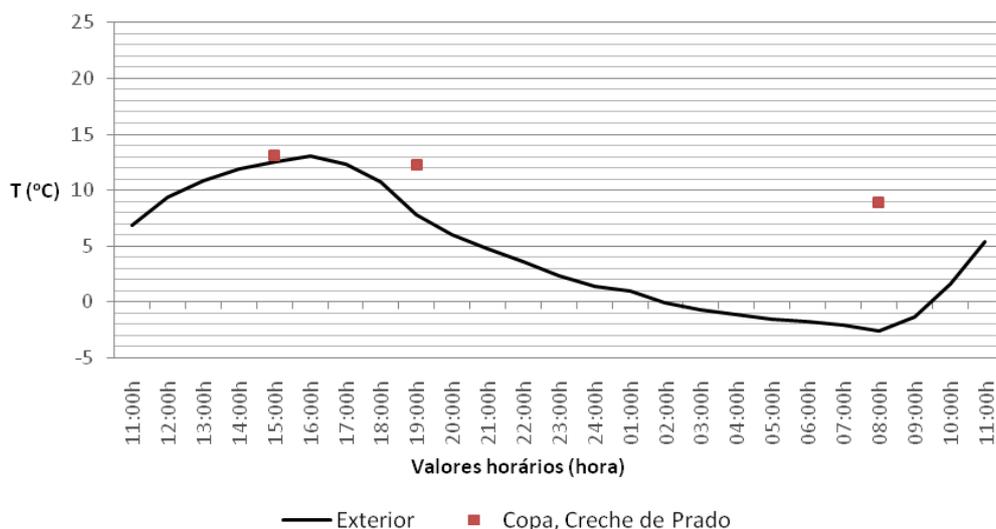


Figura 4.11 Registo da temperatura do ar na Copa da Creche de Prado

De acordo com a Figura 4.11, o espaço da Copa apresentou valores da temperatura interior muito baixos, como seria de esperar, por não ter em funcionamento qualquer sistema de aquecimento. Os resultados obtidos permitem constatar que a temperatura interior manteve-se constante entre os três registos efetuados, entre os 9°C e os 13°C, embora a temperatura exterior obtivesse variações entre os -3°C e os 13°C.

c. Mosteiro de Tibães

No Mosteiro de Tibães foram realizados três registos em cada um dos espaços selecionados para a realização do estudo, com um horário repartido por três fases, mais concretamente com dois registos, respetivamente, às 11:00h e 18:00h no dia 9 e um registo às 09:00h dia 10 de fevereiro, do ano 2012.

Na Figura 4.12 apresentam-se os valores da temperatura do ar e a temperatura ambiente exterior registada, relativa à medição efetuada no espaço da Receção e Sala do Recibo. No momento em foram realizadas as medições neste compartimento não existia qualquer sistema de climatização em funcionamento.

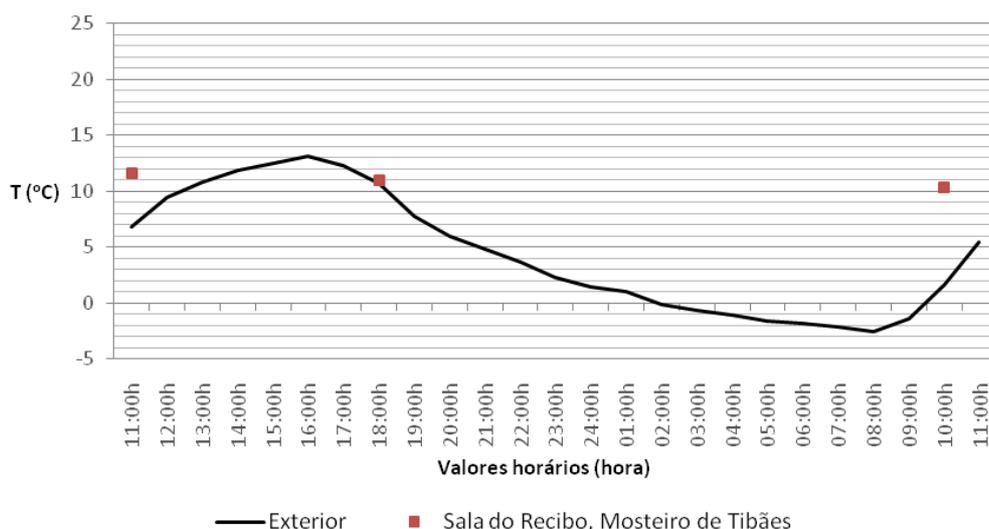


Figura 4.12 Registo da temperatura do ar na Sala de Recibo do Mosteiro de Tibães

De acordo com a figura 4.12, a Sala do Recibo apresentou valores da temperatura do ar entre os 10°C e os 12°C, resultados muito baixos como seria de esperar, uma vez que este espaço não tinha um sistema de aquecimento em funcionamento.

No Quadro 4.5 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o valor da temperatura operativa, bem como, os índices PMV e PPD para a Sala do Recibo.

Quadro 4.5 Valores médios por cada medição dos parâmetros registados na Sala do Recibo

Parâmetro	Valor médio		
	1ª medição	2ª medição	3ª medição
Vestuário (clo)	1,39	1,39	1,39
Temperatura do ar (oC)	11,3	11,5	10,9
Temperatura média radiante (oC)	13,8	12,7	10,4
Atividade (met)	1,3	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,14	0,04	0,07
Humidade Relativa (%)	47,9	46,9	55,8
Valores calculados			
Temperatura Operativa (oC)	12,6	12,1	10,7
PMV	-1,0	-1,0	-1,2
PPD	26,1	26,1	35,2

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.5, retiram-se as seguintes ilações:

- A temperatura do ar manteve-se sempre constante nas diversas medições com oscilações muito reduzidas;

- A temperatura radiante apresentou uma redução superior a 2°C entre a 1ª e 3ª medição, situação que pode ser explicada pelo facto de o efeito radiativo devido à incidência solar através dos vãos envidraçados e à inércia térmica dos constituintes da envolvente terem mais intensidade entre 11:00h e as 18:00h (Figura 4.12);
- Os valores da velocidade do ar apresentam-se ligeiramente mais altos na 1ª medição e mais baixos na 2ª medição, situação que pode justificar-se pela eventual circulação de ar devido á abertura dos vãos exteriores;
- A humidade relativa apresenta um valor mais alto na última medição.

Quanto aos valores calculados para T_{op} , e para os índices PMV e PPD (Quadro 4.5 e Figura 4.13) estes permitem considerar que os ocupantes no espaço da Sala do Recibo e Receção se encontravam numa situação de desconforto térmico.

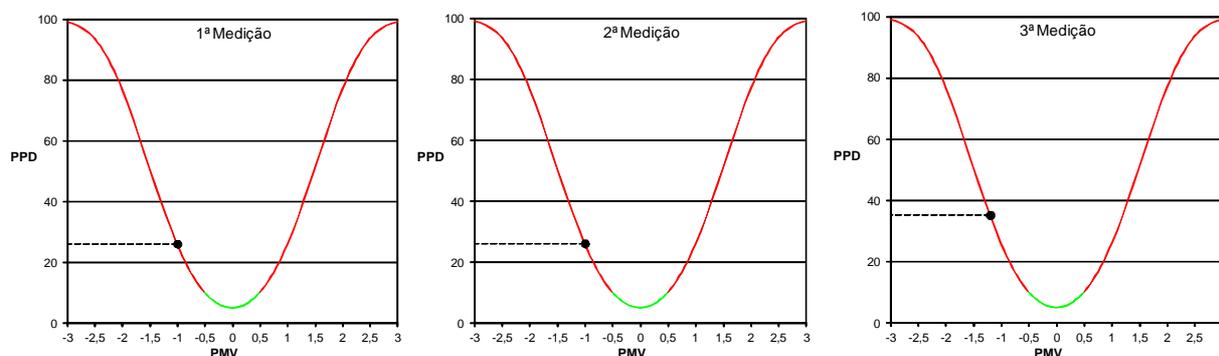


Figura 4.13 Valores do PMV/PPD para a Sala do Recibo

Os parâmetros obtidos no espaço da Sala do Recibo configuram um registo de valores para a temperatura demasiado baixos, uma vez que, não tinha qualquer sistema de aquecimento em funcionamento e com a agravante da temperatura exterior ser também demasiado baixa. Esta situação permite constatar que o perfil de temperaturas eram desconfortáveis e desajustadas aos valores admissíveis estabelecidos nas normas da ASHRAE 55:2010 e EN ISO 7730:2005.

Na Figura 4.14, apresenta-se o gráfico com os valores registados da temperatura do ar no interior e no exterior para o Foyer ou Átrio da Hospedaria.

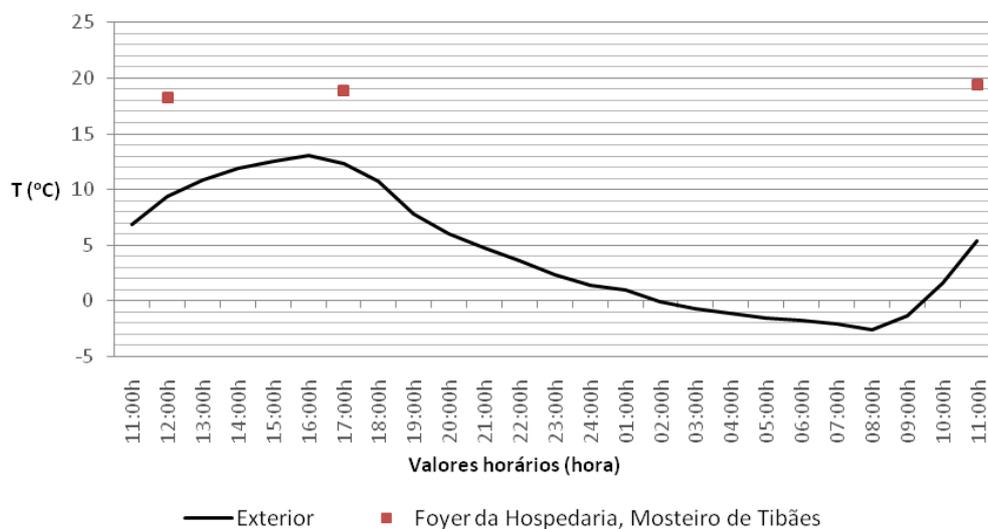


Figura 4.14 Registo da temperatura do ar no Foyer da Hospedaria

A temperatura registada no interior do Foyer da Hospedaria (Figura 4.14) varia entre os 18°C e os 19°C. De notar que, atendendo à temperatura exterior no dia 10 de fevereiro ser mais baixa por comparação com o dia 9, a temperatura interior registada no dia 10 é mais elevada em relação ao dia 9.

No Quadro 4.6 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o resultado da temperatura operativa, bem como, do PPD e PMV registados no espaço do Foyer ou Átrio da Hospedaria.

Quadro 4.6 Valores médios por cada medição dos parâmetros registados no Foyer da Hospedaria

Parâmetro	Valor médio		
	1ª medição	2ª medição	3ª medição
Vestuário (clo)	1,12	1,12	1,12
Temperatura do ar (oC)	18,3	18,9	19,4
Temperatura média radiante (oC)	18,1	18,5	21,6
Atividade metabólica (met)	1,3	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,01	0,05	0,01
Humidade Relativa (%)	30	32	34
Valores calculados			
Temperatura Operativa (oC)	17,7	18,6	20,5
PMV	-0,5	-0,3	0,0
PPD	10,2	6,9	5,0

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.6, retiram-se as seguintes ilações:

- A temperatura do ar teve oscilações muito reduzidas nas diversas medições, embora a temperatura radiante apresente uma redução superior a 2°C entre a 1ª e 3ª medição. Esta situação pode ser explicada pelo facto de o efeito radiativo ser mais eficaz durante o dia devido à incidência da radiação solar através dos vãos envidraçados e à inércia térmica dos constituintes da envolvente;
- Os restantes valores dos parâmetros apresentam-se muito constantes embora a humidade relativa apresente um valor mais alto na última medição.

Os valores calculados para Top, e para os índices PMV e PPD (Quadro 4.6 e Figura 4.15) permitem verificar que os ocupantes no espaço do Foyer ou Átrio da Hospedaria se encontravam numa situação de conforto térmico face às condições ambientais existentes.

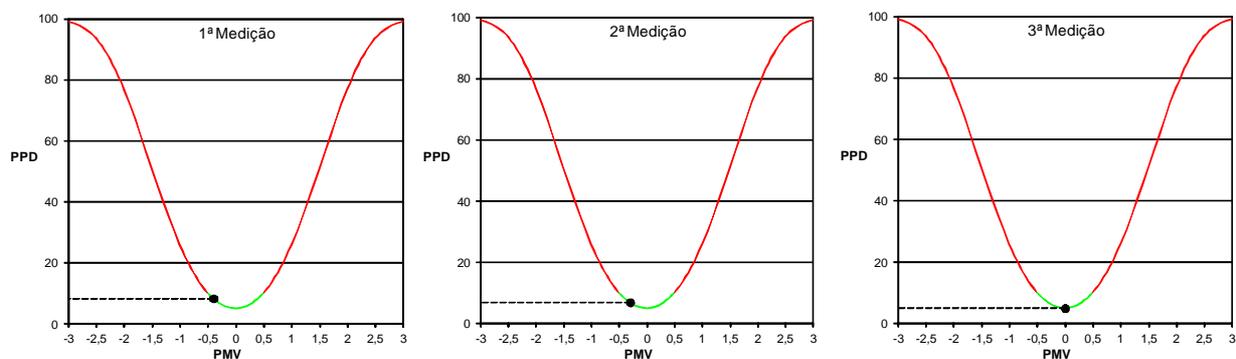


Figura 4.15 Valores calculados dos índices PMV/PPD para o Foyer da Hospedaria

A apresentação dos resultados permite deduzir que, face aos valores estabelecidos pela norma ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005, as condições ambientais presentes nos diversos espaços aquecidos com pavimento radiante hidráulico encontram-se dentro dos valores aceitáveis para as condições de conforto térmico. No entanto, o espaço sem qualquer sistema de aquecimento em funcionamento apresentou condições de desconforto térmico.

4.2 Modelos adaptativos

4.2.1 Aplicação de modelos normalizados

A média da temperatura do ar, T_a , exterior registada pelo IPMA, durante o mês de fevereiro para a região, onde estão localizados os edifícios da componente do estudo, foi de 8°C (Figura 4.1 e segundo a descrição em 4.1). De acordo com a norma ASHRAE 55:2010, os valores considerados da temperatura exterior variam entre os 10 °C e os 33 °C, e para a temperatura interna variam entre 14 °C e 32 °C, para determinar a percentagem de aceitabilidade dos ocupantes em relação ao conforto térmico.

Embora a temperatura exterior durante o mês de fevereiro apresente um valor médio baixo (8 °C) em relação aos valores mínimos considerados pela norma ASHRAE 55:2010, apresentam-se de seguida no Quadro 4.7 os valores atingidos nos espaços onde foram determinados os valores para a T_{op} em função do sistema de aquecimento existente.

Quadro 4.7 Média da T_{op} dos espaços estudados em função do sistema de aquecimento

		Média da Temperatura Operativa (°C)	Sistema de aquecimento
Creche de Prado (Escolar)	Refeitório	18,3	Pavimento radiante
	Cozinha ou Copa	-	Sistema desligado
Mosteiro de Tibães (Religioso, cultural e hoteleiro)	Receção e Sala do Recibo	11,8	Sistema desligado
	Foyer da Hospedaria	20,0	Pavimento radiante
Pousada Sta. Marinha (Hoteleiro)	Receção	22,1	Pavimento radiante
	Sala de jantar	18,3	Ar condicionado
	Sala de festas	13,6	Sistema desligado

Salienta-se que os espaços onde foi determinada a temperatura operativa e sem sistema de aquecimento podem verificar as condições de conforto térmico através da oportunidade adaptativa considerada pela norma da ASHRAE 55:2010, ISO 7730:2005, EN 15251:2007. O espaço que reúne este requisito é a Sala do Recibo que tem o sistema de aquecimento desligado mas evidencia uma T_{op} muito baixa comparativamente com os espaços aquecidos.

A Figura 4.16 apresenta um gráfico onde as condições de conforto térmico da Sala do Recibo podem ou não ser verificadas através do modelo adaptativo.

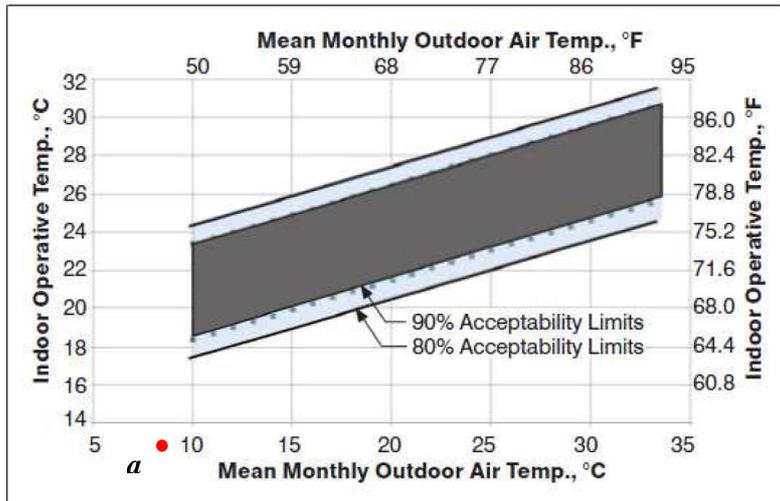


Figura 4.16 – Registo médio da T_{op} e T_a exterior para a Sala do Recibo (*a*) do Mosteiro de Tibães

Nesta situação, a Figura 4.16 demonstra que a Sala do Recibo (*a*), não se encontra sob influência da oportunidade adaptativa devido aos valores da T_{op} e da temperatura exterior serem demasiado baixos.

No entanto, segundo o modelo adaptativo baseado na ASHRAE 55:2010 e na sua adaptação a Portugal (Matias, 2010), a avaliação das condições de conforto térmico é representada através de um modelo gráfico para espaços climatizados ou não climatizados. Assim, na Figura 4.17 é possível verificar as condições de conforto dos ocupantes em função do funcionamento ou não de um sistema de climatização (Quadro 4.7) para os espaços da Sala do Recibo e Foyer da Hospedaria no Mosteiro de Tibães, Refeitório da Creche de Prado e para os espaços da Receção, da Sala de jantar e Sala de festas da Pousada Sta. Marinha.

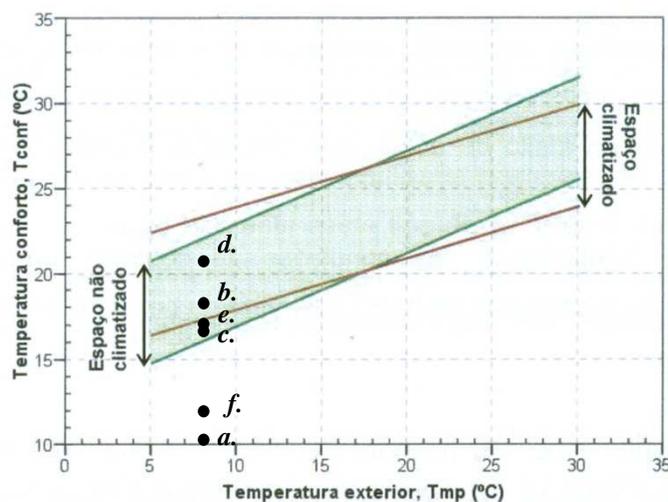


Figura 4.17 Temperaturas de conforto térmico na: Sala do Recibo (*a*) e no Foyer da Hospedaria (*b*), do Mosteiro de Tibães; Refeitório da Creche de Prado (*c*); e Receção (*d*), Sala de jantar (*e*), Sala de festas (*f*) da Pousada Sta Marinha.

De acordo com a Figura 4.17, os parâmetros ambientais registados no espaço da Sala de Recibo do Mosteiro de Tibães (a.) continuam a estar fora do âmbito da oportunidade adaptativa adaptada a Portugal, ou seja, não é possível obter condições de conforto térmico por oportunidade adaptativa, e a mesma situação se verifica na Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha. No caso do Foyer da Hospedaria do Mosteiro de Tibães (b.), Refeitório da Creche de Prado (b.), Receção (b.) e Sala de Jantar (b.) da Pousada de Sta. Marinha considerou-se que os valores são aceitáveis para o modelo adaptativo para espaços climatizados.

4.3 Perceção térmica

4.3.1 Aplicação do questionário

Depois de serem apresentados os resultados referentes aos parâmetros ambientais, nomeadamente, da temperatura do ar, no exterior e interior dos espaços e dos índices PMV e PPD, bem como, o modelo adaptativo, será em diante determinada as condições de conforto térmico tendo em conta a perceção térmica dos ocupantes desse mesmo espaço.

Na perceção térmica existem diversos fatores que influenciam ou são determinantes para a caracterização do conforto térmico. De seguida, apresenta-se a descrição e análise da sensação e preferência térmica, bem como a avaliação geral e tolerância ao ambiente térmico da informação recolhida dos inquéritos e levantamentos. Esta análise está baseada nos pressupostos definidos pela ASHRAE 55:2010 e ISSO 7730:2005 (ver descrição em 3.3.4).

No total foram obtidos 28 questionários validados que haviam sido distribuídos pelos três edifícios alvo do estudo. Salienta-se que foram preenchidos em função do perfil ocupacional de cada espaço e edifício, considerando o caso de terem aquecimento radiante ou alternativo, bem como, para o caso de não terem aquecimento. O número de questionários preenchidos justifica-se perante diversas circunstâncias de acordo com as especificidades dos ocupantes de cada espaço ou edifício.

Na Pousada Sta. Marinha, nomeadamente na receção, foram obtidos 6 questionários preenchidos, talvez o facto do mês de fevereiro apresentar uma baixa taxa de ocupação justifique o reduzido número de inquéritos apresentados. De realçar que os inquiridos da Pousada de Sta. Marinha permaneciam na receção e num espaço contíguo designado de sala de estar, onde os acabamentos ao nível dos materiais aplicados e o sistema de aquecimento eram semelhantes.

O Mosteiro de Tibães difere conforme o espaço em estudo e deste modo foram obtidos 7 questionários na Sala do Recibo e 3 na Hospedaria. O reduzido número de inquiridos da Hospedaria verifica-se talvez devido à recetividade dos ocupantes do espaço que na sua maioria se tratam de religiosas de convento (freiras) e à reduzida ocupação do espaço por visitantes nesta altura do ano.

Em relação à Creche de Prado foram obtidos 12 questionários preenchidos pelos pais das crianças e pessoal de serviço. No caso dos inquiridos, é feita referência aos pais das crianças que permanecem num prazo curto de tempo no edifício quer fosse ao início da manhã ou fim da tarde.

Atendendo aos diversos constrangimentos, ainda assim conseguiu-se obter uma diversidade de respostas oriundas de diferentes espaços e que foram caracterizados da seguinte forma: do total de respostas obtidas 57% correspondem ao sexo feminino e, por sua vez, os restantes 43% dizem respeito a inquiridos do sexo masculino. Em termos de idades, estas situavam-se, em média, nos 40 anos de idade. Quanto à caracterização física dos inquiridos, foram efetuadas questões de resposta fechada relativas ao peso e à altura do inquirido. Os resultados apresentaram médias que correspondem a 65,4 Kg de peso médio e de 1,66m relativamente à altura média dos inquiridos.

Relativamente ao local de origem dos inquiridos, constatou-se a presença de alguns estrangeiros, os quais eram provenientes de países como Reino Unido, Canadá e Angola, todavia, o maior número de respostas corresponde a pessoas provenientes da zona norte de Portugal.

A Figura 4.18 apresenta a percentagem de distribuição dos inquiridos pelos espaços dos edifícios.

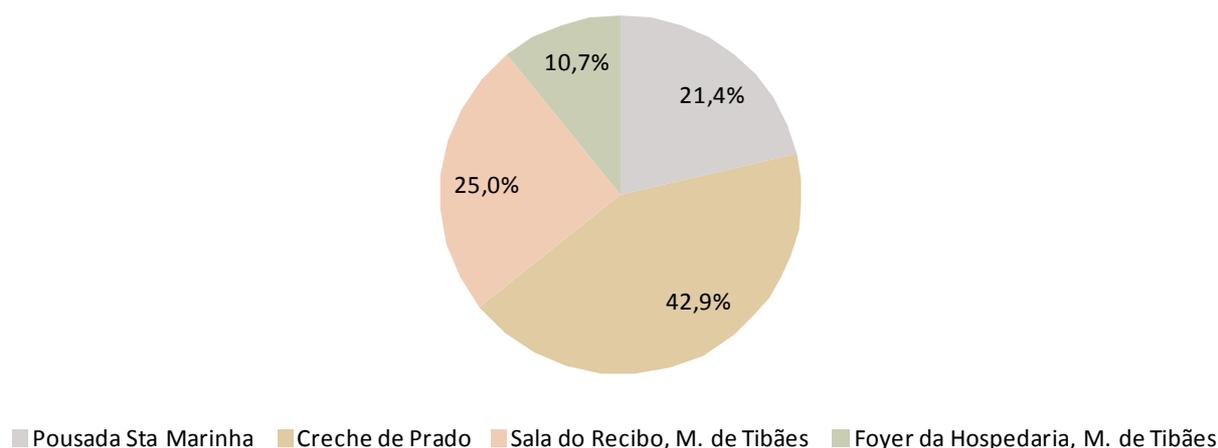


Figura 4.18 Distribuição dos inquiridos em função do perfil ocupacional de cada espaço

De acordo com a Figura 4.18, o maior número de inquiridos concentrou-se na Creche de Prado com uma percentagem de 42,9%. No Mosteiro de Tibães, com uma percentagem de 25% foram contabilizados os inquiridos da Sala do Recibo e com 10,7% os inquiridos que se encontravam na Hospedaria. Por último, com a percentagem de 21,4% foram identificados os inquiridos que se encontravam na Pousada de Sta. Marinha em Guimarães.

4.3.2 Sensação térmica

A perceção de um indivíduo num dado ambiente térmico interior é expressa sob a forma de sensação térmica. Os inquiridos foram indagados sobre a sua sensação face ao ambiente térmico a que estavam sujeitos no local onde se encontravam.

Na avaliação da sensação térmica humana foi utilizada uma escala em que cada inquirido manifestou a sua sensação térmica face ao ambiente interior (ver descrição em 3.3.4 c; Figura 3.18). Na Figura 4.19, o gráfico representa a distribuição de todas as respostas referentes à sensação térmica em função de cada espaço.

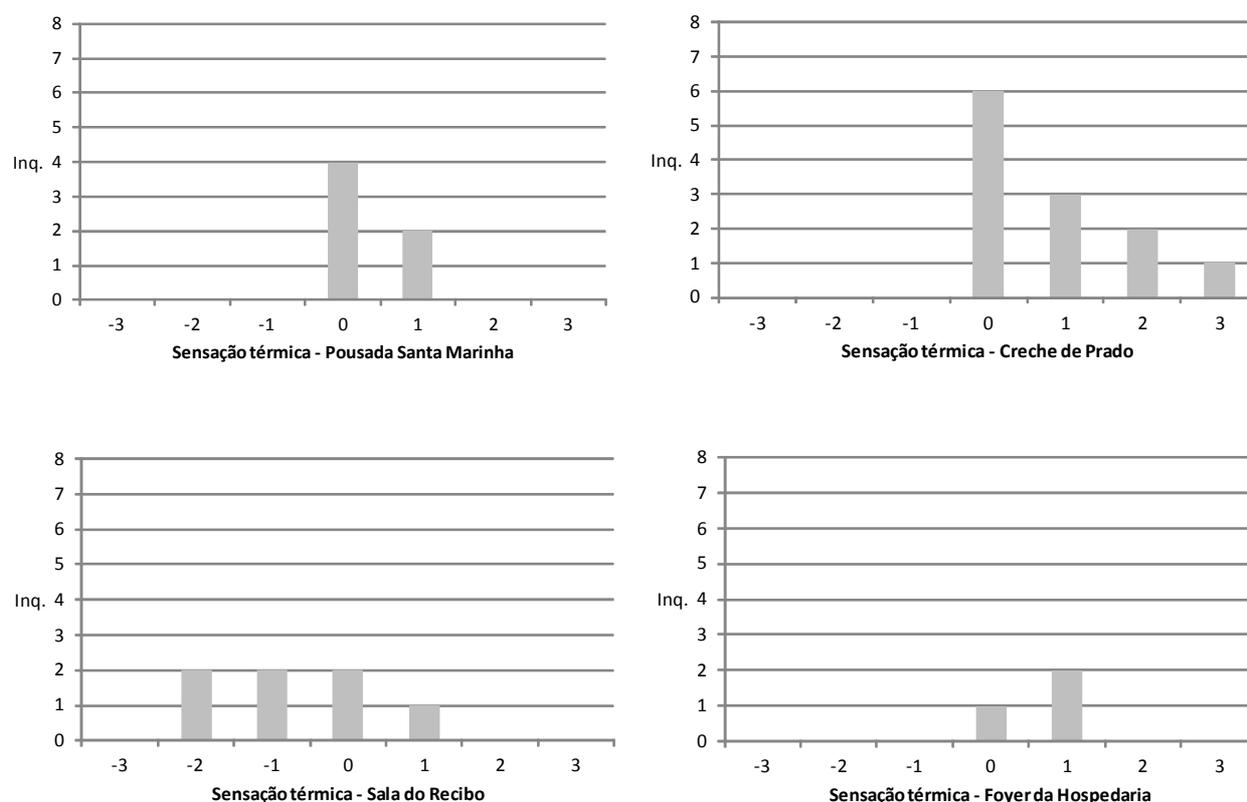


Figura 4.19 Distribuição global das respostas da sensação térmica dos inquiridos (sti)

De acordo com a Figura 4.19, em relação à questão sobre como os inquiridos manifestaram a sua sensação face ambiente térmico, obtiveram-se as seguintes leituras dos questionários:

- Em metade das respostas registadas, os inquiridos manifestaram uma sensação de neutralidade térmica respondendo “nem frio nem quente” ($sti=0$);
- A distribuição das respostas levou a considerar que os inquiridos expressaram uma sensação de desconforto com tendência para a sensação de calor ($sti= 1, 2$ e 3) em todos os espaços, no entanto, na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães manifestaram também uma tendência de desconforto para a sensação de frio ($sti= -1$ e -2).
- Na Pousada Sta. Marinha e na Creche de Prado os inquiridos manifestaram uma sensação de neutralidade térmica ($sti= 0$) e uma sensação com tendência para a sensação de calor ($sti= 1, 2$ e 3).
- No Mosteiro de Tibães os inquiridos do espaço do Foyer da Hospedaria expressaram uma sensação de neutralidade térmica e de calor, enquanto que na Sala do Recibo referiram uma sensação que vai desde o frio ao quente, ou seja, dos sete ocupantes que preencheram os questionários, dois manifestaram uma sensação de frio ($sti= -2$), dois acharam que se encontravam ligeiramente frios ($sti= -1$), dois manifestaram uma sensação de nem frio nem quente ($sti= 0$) e um respondeu que se encontrava ligeiramente quente ($sti= 1$).

A análise realizada permite deduzir que os inquiridos dos espaços com aquecimento por pavimento radiante manifestaram, na sua maioria, uma sensação de neutralidade térmica com tendência para a sensação de calor. No espaço da Sala do Recibo, sem aquecimento, os ocupantes indagados manifestaram a sensação que vai desde o frio ao calor, ou seja, a sensação que expressaram terá sido condicionada tendo em conta diversas circunstâncias, ou seja, permaneciam neste espaço temporariamente ou recorriam de pequenos aquecedores portáteis.

Na Figura 4.20, apresenta-se os valores correspondentes à sensação dos inquiridos quando questionados sobre como consideravam o ambiente térmico no momento em que responderam ao inquérito, ou seja, a posição dos ocupantes face ao nível de conforto. Sendo que mais de metade dos inquiridos referiu sentir-se confortável, com 60,7% de respostas, 21,4% referiu sentir-se desconfortável e 17,8% dos inquiridos referiu sentir-se ligeiramente confortável.

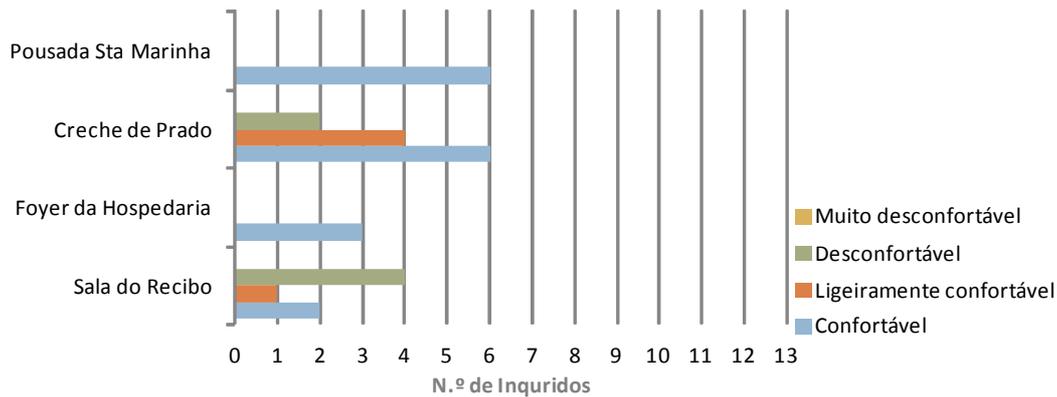


Figura 4.20 Resultados da percepção dos inquiridos em relação ao nível de conforto

Segundo a Figura 4.20, os inquiridos na Pousada de Sta. Marinha e na Hospedaria de Tibães permaneciam numa situação de conforto. Em relação à Creche de Prado embora a maior parte dos inquiridos se sentisse confortável, verificou-se que quatro inquiridos estavam ligeiramente confortáveis e dois se sentiam desconfortáveis. No Mosteiro de Tibães, os inquiridos da Sala do Recibo, na maioria, sentia-se desconfortável, um dos inquiridos estava ligeiramente confortável e apenas dois se sentiam em situação confortável, situação que poderá ter acontecido pelo facto alguns destes inquiridos terem próximo aquecedores portáteis.

Em relação à tolerância dos inquiridos face à sensação térmica nos edifícios, obtiveram-se os resultados do ambiente interior em que permaneciam naquele momento, conforme a Figura 4.21.

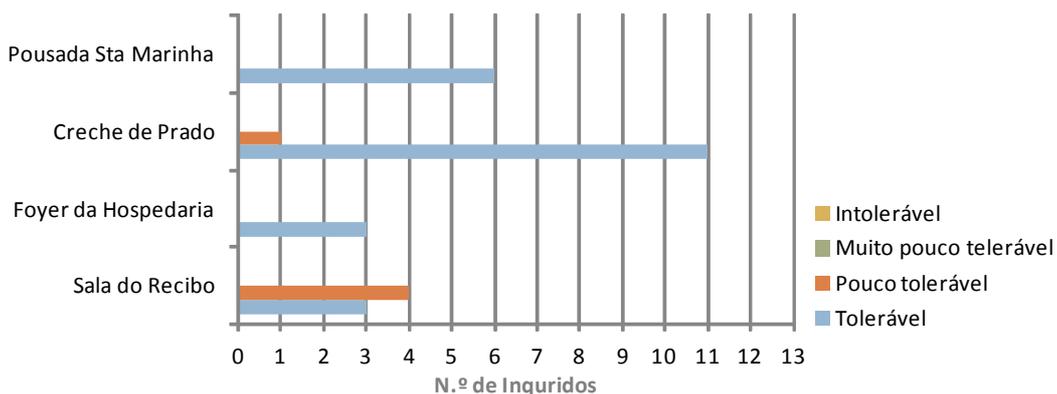


Figura 4.21 Valores da tolerância face ao ambiente térmico

Portanto, de acordo com Figura 4.21, os resultados permitem constatar que a maioria dos inquiridos considerava a sua situação como tolerável. Sendo que os inquiridos responderam que se encontravam numa situação tolerável na Pousada Sta. Marinha e na Hospedaria do Mosteiro de Tibães, bem como, na Creche de Prado exceto um inquirido que considerou a sua situação como

pouco tolerável. Em relação à Sala do Recibo no Mosteiro de Tibães, três ocupantes consideraram que se encontravam numa situação tolerável e quatro ocupantes consideraram a sua situação como pouco tolerável face à sensação térmica.

4.3.3 Preferência térmica

Tal como foi descrito na sensação térmica, os inquiridos também foram questionados sobre a sua preferência térmica, pti, utilizando para o efeito uma escala (ver descrição em 3.3.4 c; Figura 3.18). Portanto, cada inquirido manifestou-se acerca de como “gostaria que o ambiente térmico estivesse”.

A Figura 4.21 apresenta a distribuição dos resultados da preferência térmica dos inquiridos em relação à forma como gostariam que este se apresentasse no momento em que responderam ao inquérito.

Verifica-se que a maioria dos inquiridos mantinha o ambiente térmico “tal como está” e “ligeiramente mais frio” na generalidade dos espaços, exceto na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães, pois, manifestaram que preferiam um ambiente térmico mais quente.

A Figura 4.22 demonstra a preferência térmica dos inquiridos em relação à forma de como gostariam que este se apresentasse no momento em que responderam ao inquérito.

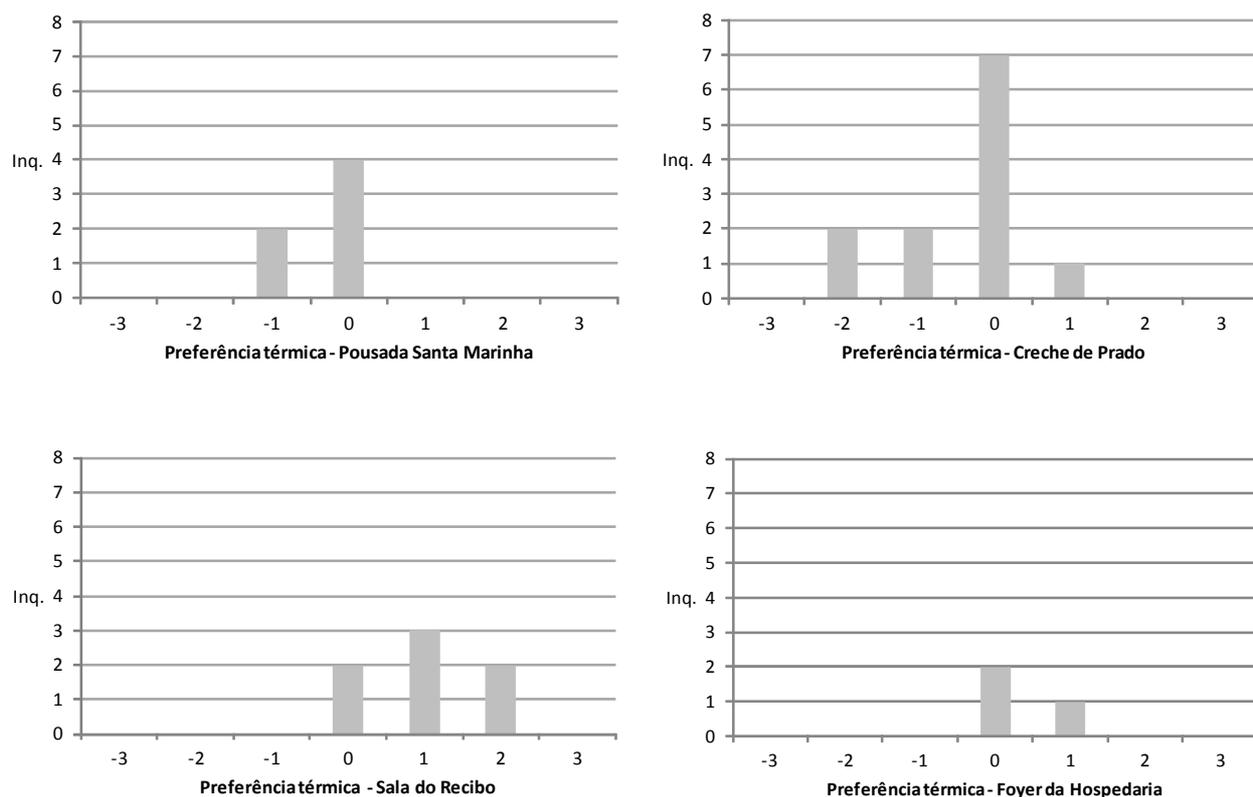


Figura 4.22 Distribuição global das respostas da preferência térmica dos inquiridos (pti)

De acordo com a Figura 4.22 obtiveram-se as seguintes leituras dos questionários:

- Na maioria das respostas, 15 inquiridos responderam que este estava adequado no momento, ou seja, responderam “tal como está” (pti=0);
- Depois, com cinco respostas, os inquiridos identificaram que a temperatura ambiente poderia estar “ligeiramente mais quente” (pti= 1) e dois inquiridos preferiam que estivesse “mais quente” (pti= 2), nomeadamente, com os inquiridos da Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães a manifestarem cinco respostas, um na Creche de Prado e outro no Foyer da Hospedaria do Mosteiro de Tibães;
- Inversamente ao ponto anterior, isto é, preferiam uma temperatura mais fria, quatro inquiridos responderam que desejavam um ambiente “ligeiramente mais frio” (pti= -1), com duas respostas cada, os inquiridos da Pousada de Sta. Marinha e da Creche de Prado, e 2 inquiridos da Creche de Prado desejavam o ambiente “mais frio” (pti= -2).

A análise efetuada permite deduzir que a maioria dos inquiridos, que se manifestaram neutralmente (pti=0), não alteravam as condições térmicas do ambiente interior, no entanto, e relativamente aos espaços aquecidos responderam que preferiam a temperatura com tendência para o ligeiramente frio. No espaço não aquecido, Sala do recibo, os inquiridos responderam que gostariam de um ambiente térmico com tendência para o aumento da temperatura.

Quando os inquiridos foram questionados sobre se tinham alterado o seu vestuário, nomeadamente na opção “tirar ou vestir a roupa”, a maioria das respostas foi afirmativa. Assim, 57,1% dos inquiridos referiram terem tirado roupa no local onde se encontravam, concretamente os casacos, pois, estes referiram que tiraram o casaco porque sentiam calor no espaço onde se encontravam, e os restantes 42,9% indicaram que não retiraram qualquer peça de roupa nesse mesmo local. A incidência de respostas quanto à situação de terem tirado o casaco, aconteceu nos locais da Pousada Sta. Marinha e da Creche em Prado (com doze respostas) e no Foyer da Hospedaria do Mosteiro de Tibães (com duas respostas).

No que diz respeito à melhoria das condições de conforto térmico, a Figura 4.23 apresenta as respostas dos inquiridos com base nas diferentes zonas em que responderam ao inquérito.

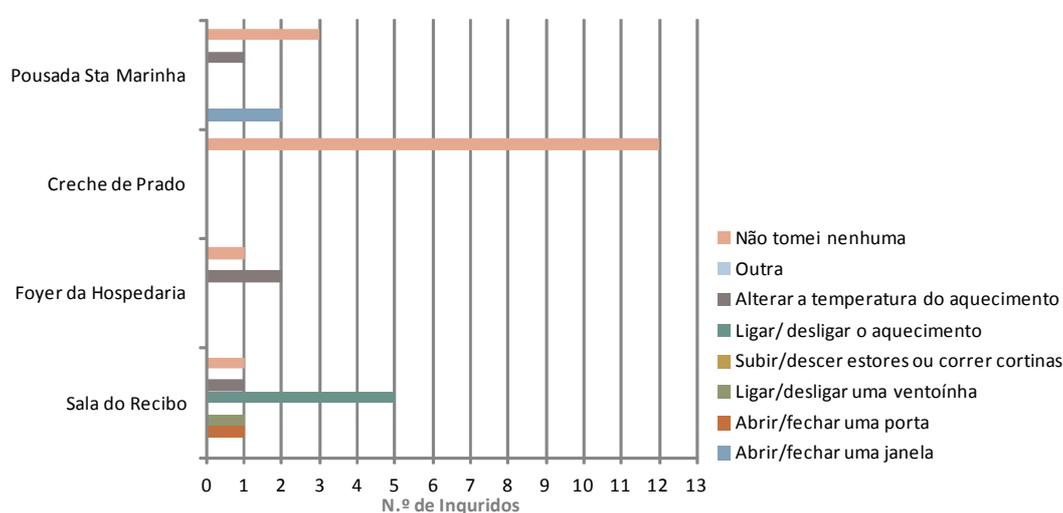


Figura 4.23 Distribuição dos valores face às condições de conforto

Analisando a Figura 4.23 verifica-se que, para alguns inquiridos, as condições do conforto térmico eram normais, uma vez que, grande parte dos respondentes referiram que não tinham tomado nenhuma medida para alterar a situação de conforto térmico.

Todavia, na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães verificou-se que a totalidade de respostas, ou seja, cinco respostas dos inquiridos a referir que tiveram de “ligar/desligar o aquecimento” para alterarem as condições de conforto térmico. Este procedimento verificou-se através de inquirição verbal e constatou-se que os inquiridos recorriam nesse momento de pequenos aquecedores portáteis.

Depois, com quatro respostas, respetivamente duas na Hospedaria, uma na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães, e uma na Pousada Santa Marinha, os inquiridos procederam a “alterar a temperatura do aquecimento” onde se encontravam.

As restantes respostas distribuem-se pelas opções “abrir/fechar uma janela”, com duas respostas na Pousada Sta. Marinha, e com ação de “abrir/fechar uma porta” e “ligar/desligar uma ventoinha” respetivamente com uma resposta foram realizadas na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães.

Na Figura 4.24, são apresentadas as respostas relativas a uma eventual utilização de um sistema de climatização, em que os inquiridos foram indagados a identificar os tipos de equipamentos/sistemas que possuem no seu domicílio e na sua viatura.

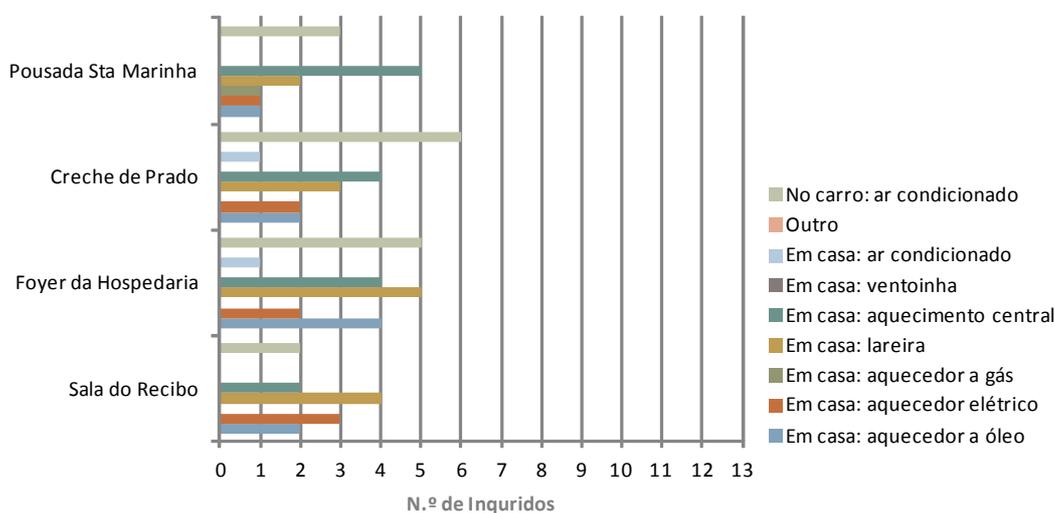


Figura 4.24 Distribuição dos valores em função dos sistemas de climatização

De acordo com a Figura 4.24, as respostas mais predominantes centraram-se nas opções: aquecimento central, lareira, aquecedor elétrico e aquecedor a óleo e aquecedor elétrico. No que respeita à viatura, a quase totalidade dos inquiridos responderam que possuem ar condicionado no veículo. Estes resultados deixam antever, de uma forma global, que os inquiridos tinham acesso a equipamentos/sistemas de aquecimento que permitiam melhorar as condições de conforto térmico.

Depois de registados os resultados, a grande maioria das respostas por parte dos inquiridos, de uma forma geral sentem-se agradados com o ambiente térmico onde se encontravam. De realçar apenas que, pelas respostas, há mais indícios de alteração/melhoria do conforto térmico e temperatura ambiente na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães.

4.4 Condições de conforto e desconforto térmico

Realizado o procedimento referente ao tratamento dos dados e análise dos resultados, de seguida, serão avaliadas e retiradas as devidas ilações sobre a comparação entre os valores médios obtidos, segundo as normas ASHRAE 55:2010, ISO 7730:2005 e EN 15251:2007.

De forma a analisar os valores médios das condições ambientais interiores para os espaços da componente deste estudo, foram utilizados os dados das temperaturas médias referentes aos cálculos individualizados das diversas medições realizadas para cada espaço. Ou seja, procedeu-se à determinação da média dos parâmetros obtidos de cada um dos espaços em estudo.

No Quadro 4.8 são apresentados os valores médios de cada medição dos diversos parâmetros e estimado o resultado da temperatura operativa, bem como, dos índices PPD e PMV registados nos diversos espaços da componente do estudo.

Quadro 4.8 Valores dos índices PMV/PPD e da Temperatura Operativa para os espaços com aquecimento por pavimento radiante e para o espaço sem aquecimento

Parâmetro	Espaço c/ pavimento radiante			Espaço s/ aquecimento
	Receção da Pousada Santa Marinha	Refeitório da Creche de Prado	Foyer da Hospedaria, Mosteiro de Tibães	Sala do Recibo, Mosteiro de Tibães
	Valor médio			
Vestuário (clo)	0,82	1,32	1,12	1,39
Temperatura do ar (oC)	21,2	18,2	18,3	11,2
Temperatura média radiante (oC)	22,9	18,3	21,6	12,4
Atividade (met)	1,3	1,2	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,06	0,05	0,03	0,07
Humidade Relativa (%)	30	37	32,6	50,8
Valores calculados				
Temperatura Operativa (°C)	22,1	18,3	20,0	11,8
PMV	-0,1	-0,3	-0,1	-1,0
PPD	5,2	6,9	5,2	26,1

Segundo os diversos indicadores apresentados no Quadro 4.8, retiram-se as seguintes ilações:

- Os espaços com pavimento radiante atingiram valores da temperatura aproximados, permitindo considerar os resultados semelhantes para o tipo de sistema de aquecimento nos edifícios antigos.

- Na Recepção da Pousada Sta. Marinha, o parâmetro do vestuário apresentou um valor (clo) mais baixo que os outros espaços com aquecimento, justificando-se pelo facto de a temperatura exterior (Figura 4.3) ter registado valores mais elevados comparativamente a esses mesmos espaços e portanto, a eventualidade de influenciar os ocupantes da forma como se vestiam (resistência térmica do vestuário, clo).
- Os parâmetros afetos à temperatura obtidos na Sala do recibo no Mosteiro de Tibães atingiram valores relativamente baixos e, em relação à humidade relativa, verificou-se que esta tem maior incidência neste espaço.
- A temperatura média do ar oscilou, nos espaços aquecidos, entre os 18,2 °C e os 21,2°C e a temperatura radiante, variou entre os 18,3°C e os 22,9°C, ou seja, os valores apresentados representam condições ambientais interiores aceitáveis.
- A atividade metabólica dos ocupantes correspondia a atividades sedentárias, 1,2 a 1,3 met, quer nos espaços com aquecimento, quer nos espaços sem aquecimento.
- A velocidade do ar variou entre 0,03m/s e 0,07m/s em todos os espaços.
- Em relação à humidade relativa, para os espaços aquecidos, esta variou entre os 32,6% e os 37%.
- Os resultados dos índices PMV/PPD dos diversos espaços com aquecimento de pavimento radiante apresentaram valores muito semelhantes.
- A temperatura operativa dos espaços com aquecimento por pavimento radiante registou valores médios entre os 18,25°C e os 22,05°C, o que permite deduzir que estes apresentam valores aceitáveis para a determinação das condições de conforto.
- Em relação à temperatura operativa registada na Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães, esta é muito baixa e a percentagem de ocupantes que se encontram numa situação desconfortável é relativamente elevada face às condições térmicas presentes.

Quanto aos valores calculados para a T_{op} , e para os índices PMV e PPD (Quadro 4.8 e Figura 4.25) poder-se-á considerar que os ocupantes dos diversos espaços se encontravam numa situação de conforto térmico face às condições ambientais existentes, exceto para o espaço da Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães.

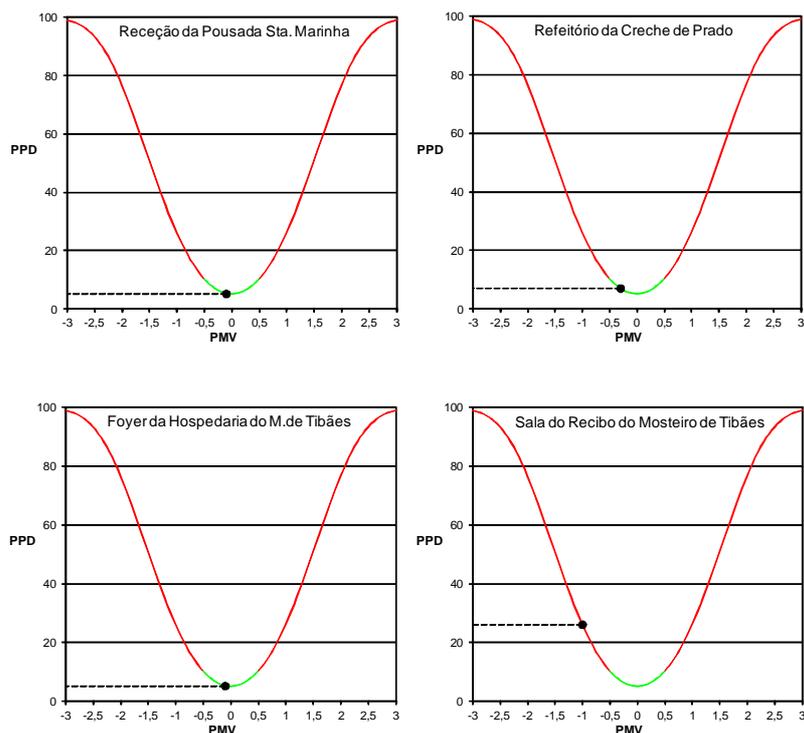


Figura 4.25 Valores dos índices PMV/PPD

Apresentados os resultados é possível deduzir que, face aos valores estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005, as condições ambientais presentes nos diversos espaços aquecidos com pavimento radiante hidráulico, encontram-se dentro dos valores aceitáveis para as condições de conforto térmico, tal como foi referido anteriormente. No entanto, o espaço da Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães, sem qualquer sistema de aquecimento em funcionamento, apresentou condições térmicas desconfortáveis.

De seguida, no Quadro 4.9, foi realizada uma análise comparativa sobre os resultados das condições ambientais existentes em três espaços da Pousada Sta. Marinha com a particularidade de dois espaços terem sistemas de aquecimento diferenciados e um espaço não tinha em funcionamento o sistema de aquecimento. Salienta-se que os valores obtidos correspondem à média obtida das duas medições efetuadas nos levantamentos.

Quadro 4.9 Valores dos índices PMV/PPD e da Temperatura Operativa para os espaços da Pousada de Sta. Marinha em Guimarães

	Receção da Pousada Santa Marinha Pavimento radiante	Sala de jantar da Pousada Santa Marinha Ar condicionado	Sala de festas da Pousada Santa Marinha Sistema inativo
Vestuário (clo)	0,82	0,82	0,82
Temperatura do ar (oC)	21,2	19,2	13,7
Temperatura média radiante (°C)	22,9	19,3	13,5
Atividade metabólica (met)	1,3	1,3	1,3
Velocidade do ar (m/s)	0,06	0,003	0,01
Humidade Relativa (%)	30	34,7	40,1
Valores calculados			
Temperatura Operativa (°C)	22,1	18,3	13,6
PMV	-0,1	-0,3	-1,9
PPD	5,2	6,9	72,1

De acordo com o Quadro 4.9 constatou-se que os resultados relacionados com a temperatura apresentam valores mais altos para os espaços aquecidos, com maior incidência, na Receção por se tratar de um espaço com aquecimento por pavimento radiante.

Quanto aos valores estimados da temperatura operativa e para os índices PMV e PPD (Quadro 4.9 e Figura 4.26) permitem considerar que os ocupantes na Receção permaneciam numa situação de conforto, na Sala de jantar se encontravam numa situação limite entre o confortável e o desconfortável e que na Sala de festas permaneciam numa situação de desconforto.

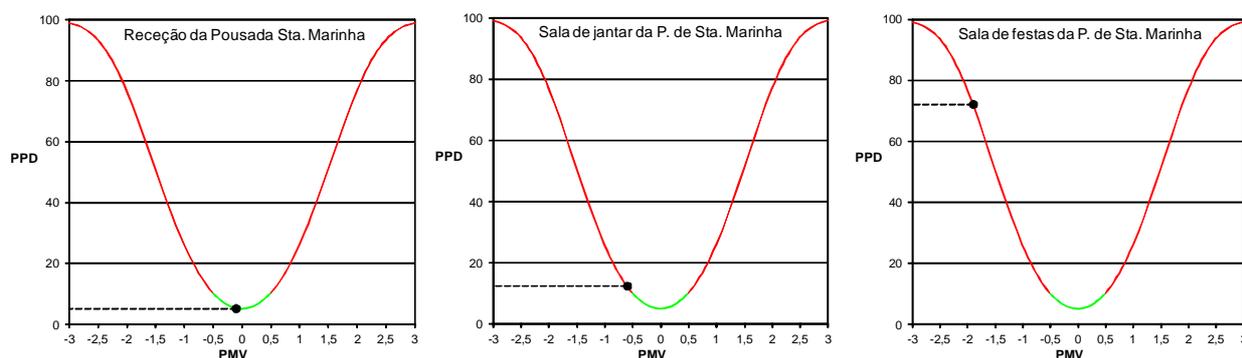


Figura 4.26 Valores dos índices PMV/PPD para os espaços da Pousada de Sta. Marinha

Depois de realizada uma análise sobre as condições ambientais existentes nos espaços da Pousada de Sta. Marinha constatou-se que o perfil de temperaturas obtido na Receção é o mais adequado tendo em conta os valores estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005.

Em relação à oportunidade adaptativa, e de acordo com a ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005, os diversos espaços encontram-se fora do âmbito da aplicação devido à temperatura exterior ser demasiado baixa, com uma média mensal de 8°C, contribuindo para as condições ambientais interiores mais adversas ao conforto térmico dos ocupantes.

Os parâmetros ambientais registados no espaço da Sala de Recibo do Mosteiro de Tibães estavam fora do alcance da adaptação, ou seja, não é possível obter condições de conforto térmico por oportunidade adaptativa com condições climáticas exteriores similares às apresentadas em fevereiro de 2012.

O modelo adaptativo baseado na ASHRAE 55:2010 e adaptado a Portugal (Matias, 2010) permite verificar as condições de conforto térmico para espaços climatizados e para espaços não climatizados. Os resultados obtidos consideram que os espaços climatizados estão dentro dos valores indicados para a temperatura de conforto, e os espaços não climatizados, a Sala do Recibo do Mosteiro de Tibães e Sala de festas da Pousada de Sta. Marinha, permaneciam numa situação de desconforto.

De seguida e de acordo com a escala normalizada para a sensação e preferência térmica da ASHRAE 55:2010 foi determinada, através de um questionário, a perceção térmica dos ocupantes dos edifícios.

Na Figura 4.27 são apresentados os resultados sobre a sensação e preferência térmica dos ocupantes dos espaços com sistema de aquecimento por pavimento radiante.

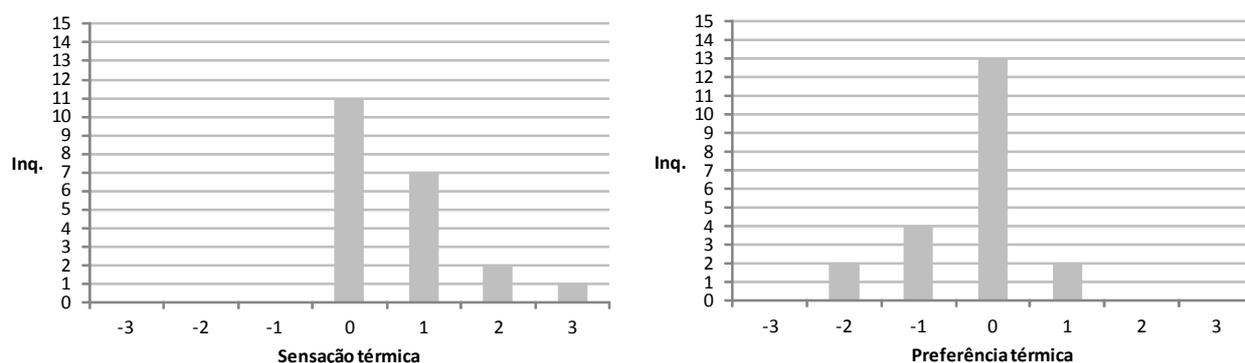


Figura 4.27 Resultados sobre a sensação térmica e preferência térmica nos edifícios com sistema de aquecimento por pavimento radiante

A análise da Figura 4.27 permite deduzir que os inquiridos dos espaços com aquecimento por pavimento radiante manifestaram, na sua maioria, uma sensação de neutralidade térmica e, portanto, que se encontravam nas condições aceitáveis de conforto térmico. No entanto, uma parte dos inquiridos exprimiu uma sensação térmica com tendência para o calor e manifestaram que preferiam temperatura ligeiramente mais fria.

Em relação à Sala do Recibo, os inquiridos manifestaram uma sensação térmica predominantemente fria e, logicamente, preferiam condições ambientais mais adequadas ao conforto térmico, com tendência para o aumento da temperatura interior (Figura 4.18 e 4.22).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Os edifícios antigos têm especificidades arquitetônicas que, na maioria dos casos, inviabilizam alterações à estética e à forma original, ou seja, impossibilita o isolamento térmico da envolvente de um espaço interior com o exterior. Para a melhoria das condições ambientais interiores torna-se evidente o recurso a sistemas de aquecimento que permitam condições de conforto térmico para os ocupantes.

Face à diversidade de unidades terminais de aquecimento, foi selecionado o pavimento radiante hidráulico para a verificação da sua viabilidade de utilização na otimização do conforto térmico em edifícios antigos.

A pesquisa no terreno envolveu a seleção de três edifícios com espaços aquecidos, por diferentes sistemas de climatização, e com espaços não aquecidos de forma a permitir a sua comparação.

Em termos metodológicos foram realizados os levantamentos e caracterização dos espaços interiores durante as medições da temperatura do ar e da temperatura radiante, assim como, da humidade relativa e da velocidade do ar. No decurso deste processo foram obtidos os dados do clima exterior, através do IPMA, da estação meteorológica mais próxima aos locais de estudo. Foram igualmente inquiridos os ocupantes dos edifícios, através do preenchimento de um questionário, o qual visava a obtenção de dados relativos à atividade metabólica desenvolvida pelos ocupantes, o tipo de vestuário que usavam e, também, a análise da percepção térmica face às condições ambientais interiores.

A apresentação dos resultados do trabalho de campo envolveu uma análise sobre a verificação das condições ambientais de espaços interiores de edifícios antigos, assim como a percepção térmica dos seus ocupantes, tendo sido identificados os principais resultados do estudo na delimitação das conclusões.

Os resultados obtidos acerca dos índices PMV e PPD consideraram as condições de conforto térmico aceitáveis, ou seja, encontravam-se dentro dos parâmetros definidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005 para os espaços com aquecimento por pavimento radiante. No espaço com um sistema de aquecimento alternativo, os valores apresentados encontravam-se no limite entre o confortável e o desconfortável de acordo com os valores estabelecidos nas normas ASHRAE 55:2010 e EN ISO 7730.

Em relação à percepção térmica dos ocupantes concluiu-se que a maioria dos ocupantes manifestaram uma sensação térmica neutra e não optariam por alterar as condições de conforto térmico nos espaços com pavimento radiante. Embora uma reduzida parte de ocupantes preferissem uma temperatura com tendência para o frio, consideraram que estava demasiado quente. Uma temperatura operativa interior acima dos 17°C pode, eventualmente, ser tendenciosa para tornar desconfortável o espaço para os seus ocupantes. Esta situação pode acontecer quando a temperatura exterior é demasiado baixa.

A temperatura é a principal variável que condiciona todo um ambiente com influência sobre a percepção térmica dos seus ocupantes. Quanto mais baixa for a temperatura exterior, maior será a tendência para a temperatura interior baixar também, quer o espaço seja aquecido ou não. Desta forma, poder-se-á concluir que as pontes térmicas e vãos envidraçados podem influir nas condições ambientais interiores.

A situação de que os ocupantes dos edifícios poderiam obter condições de conforto por adaptação do que face a condições climatizadas, não foi possível aferir devido à temperatura exterior ser demasiado baixa e, conseqüentemente, se ter verificado uma temperatura operativa também muito baixa.

Portanto, no global, e em relação ao tema ou título deste trabalho, constatou-se a existência de viabilidade de conforto térmico, nos espaços de edifícios antigos aquecidos por pavimento radiante, dentro dos padrões estabelecidos pelas normas ASHRAE 55:2010 e EN ISO 7730. E que o sistema de aquecimento indicia um perfil de temperaturas mais adequado que um sistema alternativo, no entanto, verificou-se que os espaços estudados com outros sistemas de aquecimento foram insuficientes para a fundamentação de um resultado com mais precisão.

5.2 Perspetivas futuras

Embora o estudo seja conclusivo em relação à verificação da viabilidade de utilização do sistema de pavimento radiante na otimização do conforto térmico em edifícios antigos, insurgem-se, no entanto, novas questões que merecem ser consideradas em investigações futuras.

Como só foi feito o estudo para um número reduzido de edifícios, seria interessante ter uma amostragem maior, de modo a obter resultados mais precisos sobre a viabilidade de utilização do

sistema de pavimento radiante na otimização do conforto térmico em edifícios antigos. O recurso a um maior número de edifícios proporcionaria, de igual modo, uma maior amostragem de inquiridos participantes no estudo. Também, de forma a tornar a investigação mais abrangente, poderiam ser realizadas medições em diversas alturas da estação fria. Estas situações foram ponderadas no desenvolvimento deste estudo, no entanto, por motivos profissionais derivado da escassez de tempo e de ordem profissional, tornaram difícil a sua implementação.

Além da possibilidade de aumentar o universo de estudo dos edifícios antigos, seria interessante englobar o edificado corrente de forma a perceber e comparar as duas situações.

Os resultados obtidos nos edifícios estudados permitiram deduzir que os ocupantes dos espaços aquecidos com pavimento radiante, embora estivessem numa situação de conforto face às condições de conforto térmico existentes, preferiam, por vezes, uma temperatura mais baixa, ou seja, manifestaram a tendência para uma temperatura ligeiramente fria quando os valores recomendados para a temperatura interior, segundo os valores estabelecidos pela ASHRAE 55:2010 e ISO 7730:2005, demonstravam serem os mais adequados às condições existentes.

Face ao exposto depreende-se que o estudo efetuado aos edifícios que compõem este trabalho e a perceção dos seus ocupantes acerca do conforto térmico demonstraram uma variação de opiniões sobre o aquecimento por pavimento radiante. Desta forma, seria importante prosseguir com a investigação sobre a perceção térmica dos ocupantes em outros edifícios, considerando o enquadramento geográfico e sua relação com a temperatura exterior. Ou seja, o objetivo seria recorrer a uma maior diversidade de edifícios em diferentes zonas geográficas obtendo, assim, um universo de inquiridos mais abrangente.

De referir também que, seria importante obter dados relativos ao dimensionamento técnico e custos energéticos associados, bem como, a realização de um estudo sobre a estratificação de temperatura sobre espaços com aquecimento, quer por pavimento radiante, quer por outro sistema de aquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M., & SILVA, S. (2007). *Acústica. Folhas de apoio à disciplina de Climatização e Instalações das Construções II*. Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil. [disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/>].
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE), (2010). *Thermal environment conditions for human occupancy*. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE), (2004). *Thermal environment conditions for human occupancy*. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), (1999). *Intellectual Property Policy of ASTM International (“Policy”)*. [disponível em: <http://www.astm.org/Itpolicy.pdf>], acessado em agosto de 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), (1999). Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings. Standard C 1060 - 90. Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.06, West Conshohocken.
- BAKER, N., & STANDEVEN, M. (1996). Thermal comfort form free-running buildings. *Energy and Buildings*, 23, 175-182.
- BOERSTRA, A. (2006). The adaptative thermal comfort criterion in the new EPBD IEQ standard. *Atas do Congresso Internacional “Comfort and Energy Use in Buildings. Getting then Right”*. Windsor, UK, April 2006.
- BRAGER, G. & DE DEAR, R. (2001). Climate, Comfort & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55. *Proceedings, Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century*, Windsor, UK, April 2001.
- BRAGER, G. & DE DEAR, R. (1998). Thermal adaptation in the building environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27, 83-96.
- BRYMAN, A., & CRAMER, D. (1993). *Análise de Dados em Ciências Sociais, Introdução às técnicas utilizando o SPSS*. Oeiras: Celta Editores.

CONCEIÇÃO, E., LÚCIO, M., RUANO, A., & CRISPIM, E. (2009). Development of a temperature control model used in HVAC systems in school spaces in Mediterranean climate. *Building and Environment*. 44, 5, 871-877.

CORREIA GUEDES, M. (2000). *Thermal Comfort and Passive Cooling Design in Southern European Office Buildings*, Tese de Doutoramento, Faculty of Architecture, University of Cambridge.

COSTA, M. (2004). *Manual sobre tecnologias, projeto e instalação - Projeto GREENPRO*, Programa ALTENER.

DEAR, R., & FOUNTAIN, M. (1994). *Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot humid climate*. ASHRAE. 100, 457-475.

DE DEAR, R., BRAGER, G., & COOPER, D. (1997). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. Final Report, ASHRAE RP-884.

DE DEAR, R., & PICKUP, J. (1999). An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT_SET*) - Part II – Applications, *In: Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*. (eds. R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems). Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD. 1026, 285-290.

Decreto-Lei n.º 46/89. D.R. n.º 38, Série I de 1989-02-15 - Ministério do Planeamento e da Administração do Território Estabelece as matrizes de delimitação geográfica da Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS).

DIAS DE CASTRO, M. (2000). *Resumo Teórico de Térmica de Edifícios*, Apontamentos da Disciplina de Térmica de Edifícios, Curso de Engenharia Mecânica, FEUP.

DIRETIVA 2010/13/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO (EPDB) de 19 de Maio de 2010 relativo ao desempenho energético dos edifícios. in *Jornal Oficial da União Europeia*. 153/13. União Europeia.

EN 1264 - 3: 2009 "Water based surface embedded heating and cooling systems - Part 3: Dimensioning.

ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE (EPBD). (2010). Diretiva para o desempenho energético dos edifícios. EPBD - recast (Diretiva 2010/31/EU).

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN), EN ISO 9920:2007: *Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*. Brussels: International Standards Organization, 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN), EN 15251:2007: *Indoor Environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings-addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. Brussels: International Standards Organization, 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN), EN ISO 7730:2005: *Ergonomics of thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Brussels: International Standards Organization, 2005.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN), EN ISO 8996:2004: *Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate*. Geneva: International Standards Organization, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN) ISO 8996:1989: *Ergonomics of Thermal Environments – Determination of Metabolic Heat Production.*, Geneva: International Standards Organization, 1989.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION (CEN), ISO 15265:2004. *Ergonomics of the thermal environment—Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions*. Geneva: International Standards Organization, 2004.

FANGER, P. (1979). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Copenhagen: McGraw-Hill

FREITAS, V. (2007). Reabilitação de fachadas de edifícios antigos, in *APFAC/Concreta*. Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Outubro de 2007.

GHIGLIONE, R., & MATALON, B. (1993). *O inquérito. Teoria e prática*. Oeiras: Celta Editora.

HIPOCAUSTO (2006) Hipocausto da Villa de Vieux-a-Romaine, Normandía. [Imagem disponível em http://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Vieux_la_Romaine_Villa_hypocauste.jpg], acedido em maio de 2011.

HUMPHREYS, M. (1978). Outdoor temperatures and comfort compared indoors. *Building Research and Practice*, Vol. 2, n.º 2 March/April.

HUTCHEON, N., & HANDEGORD, G. (1983). *Building Science for a cold climate*. Toronto (Canada): John Wiley & Sons.

ICOMOS (2000) Carta de Cracóvia, in LOPES & CORREIA (2004), *Património Arquitectónico e Arqueológico – Cartas Recomendações e Convenções Internacionais*, Livros Horizonte, Lisboa, p. 289-296.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2012). *Parque Habitacional em Portugal: Evolução na última década*. Destaque: informação à comunicação social de 7 de dezembro de 2012 [disponível em: http://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=149571899&attdisplay=n&att_download=y], acedido em agosto de 2013.

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (IPMA), (2012). Condições exteriores de temperatura para a zona geográfica do estudo. Fevereiro de 2012. Lisboa: IPMA, não publicado.

ISOLANI, P. (2008). Eficiência energética nos edifícios residenciais. Lisboa. Intelligent Energy

KRIEDER, J., & RABL A. (1994). *Heating and Cooling of Buildings - Design for Efficiency*. Mechanical Engineering Series. McGraw-Hill International Editions.

LISBOA, C. (2007). Conforto térmico na habitação. Necessidades e soluções. Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Departamento de Engenharia Civil. [disponível em: <http://www.estgv.ipv.pt/dep/dcivil/Eventos/ddec.html>], acedido em outubro de 2013.

LUSO, E., LOURENÇO, P., & ALMEIDA, M. (2011). *Centro Histórico de Bragança: Caracterização do Edificado, aspetos arquitetónicos e anomalias*. [disponível em: http://www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/Update_Webpage/2004LusoLourenco.pdf], acedido em Junho, 2011.

GIACOMINI PORTUGAL, (2012). Manual de Giacomini, [disponível em: <http://www.giacomini.pt>], acedido em maio de 2012.

MARTINS, B., TORRES, L., & MARTINS, L. (2011). *Uma visão revisitada do futuro. Uma tragédia anunciada*. Lisboa: ITIC/AECOPS.

MARTINS, B. (2005), “Housing renovation - August report”, in *Euroconstruct Portugal*, ITIC, Lisboa. [disponível em: http://www.euroconstruct.org/service/cotm/portugall0805/country_otm.php], acedido em Junho de 2011.

MATIAS, L. (2010). *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal*. Teses e programas de investigação, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

MATIAS, L. & SANTOS, C. P. (2012). *Critérios para um conforto térmico sustentável nos edifícios em Portugal*. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

MOSTEIRO DE TIBÃES (2013). Mosteiro de Tibães, Plantas de Reabilitação do edifício, [Disponível em <http://www.mosteirodetibaes.org/galeria.aspx?id=16&dll=1&mid=97&sid=106>], acessado em agosto de 2013.

MUNICÍPIO DE VILA VERDE (MVV), Plantas da Creche da Casa do Povo da Vila de Prado, Arquivo Municipal de Vila Verde, 2011.

NICOL, F. & HUMPHREYS, M. (2010). Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard EN 15251. *Building and Environment*, 45, 11-17.

NIKOLOPOULOU, M., & STEEMERS, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35, 95-101.

OLESEN, B. & BRAGER, G. (2004). *A Better Way to Predict Comfort*; ASHRAE Journal, August, 2004.

PACIUK, M (1990). *The role of personal control of the environment in thermal Comfort and satisfaction at the workplace*. University of Wisconsin. Doctoral Dissertation.

PINA SANTOS, C., & MATIAS, L. (2006). *Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Versão atualizada 2006. Lisboa: LNEC (14ª edição). Informação Técnica dos Edifícios ITE 50.

Pousada de Santa Marinha – Guimarães (1985). Boletim da Direção Geral dos Edifícios Monumentos Nacionais, n.º 130, Lisboa.

PÓVOAS, R., TEIXEIRA, J., & GIACOMINI, F. (2011). Reabilitação de edifícios correntes de valor patrimonial. Uma proposta de aproximação metodológica, in *Seminário Cuidar das casas. A manutenção do património corrente*, 1-8 [Disponível em: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/53489>], acessado em agosto de 2013.

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS (RCCTE). Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril de 2006 / Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. - Aprova o Regulamento das Características de

Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Diário da República. – S.1-A n.67 (4 Abril 2006), 2468-2513. Disponível em <http://www.dre.pt>].

COMISSÃO EUROPEIA, Regulamento n.º 105/2007 da Comissão, de 1 de Fevereiro de 2007 - NUTS na União Europeia.

SANTOS, F. (2008). *Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais*. Lisboa: Edição DECO.

SHAHARON, M. & JALALUDIN, J. (2012). Thermal Comfort Assessment – A Study Toward Worker's Satisfaction in a low energy office building. *American Journal of Applied Sciences*. 9 (7): 1037-1045.

SILVA, P. (2006). *Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil. Braga: Universidade do Minho.

SILVA, S. (2011). *Apontamentos da disciplina Energia e Conforto nos Edifícios do MCRS*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

UPONOR (2011). *Manual Técnico de Aplicações de aquecimento radiante e climatização*, Uponor. [Disponível em: <http://www.padinho.pt/catalogos/uponor.pdf>], acessado em maio de 2011.

VARANDAS, J. (2010). Património & Sustentabilidade. Reabilitação Energética de Edifícios Antigos, in *Revista Pedra & Cal*. n.º 45, Janeiro, Fevereiro, Março de 2010, 26-27.

WOODSON, R. (1999). *Radiant Floor Heating*. New York: McGraw-Hill,

ANEXOS

Anexo I – Analisador de Microclimas DeltaOHM

Analizador de Microclimas HD32.1 da Delta OHM

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

O Analizador de Microclimas HD32.1 foi utilizado para a realização da análise do microclima nos ambientes de trabalho; com este equipamento foram obtidos os parâmetros necessários para estabelecer se certo ambiente de trabalho é adequado à realização de determinada atividade.

O equipamento é capaz de desenvolver três programas operativos que podem ser carregados pelo utilizador em função do programa de medição e das grandezas que devem ser obtidas.

O equipamento é dotado de oito entradas para sondas com módulo SICRAM: as sondas dispõem de um circuito eletrónico que comunica com o equipamento, na sua memória permanente são conservados os dados de calibração do sensor.

Todas as sondas SICRAM, com exceção da sonda de ventoinha, podem ser inseridas em qualquer uma das entradas: serão reconhecidas automaticamente no momento de início de funcionamento do equipamento.

No interior do equipamento existe um sensor de pressão atmosférica. A pressão atmosférica é visualizada somente com o programa operativo Análises Microclimáticas.

O equipamento pode ser programado para efetuar aquisição de uma sessão de medições e, para cada sessão particularmente, pode ser configurado o intervalo de aquisição das amostras.

Para além disso, com a função auto-start é possível ativar a configuração da data e da hora de início e do fim da análise, o início e a paragem automática da sessão de aquisição dos dados.

NOTA: O intervalo de aquisição configurado vale para todas as sondas ligadas ao equipamento.

Outros parâmetros comuns a todos os programas operativos que podem ser escolhidos/configurados pelo utilizador são:

- A unidade de medição das grandezas de temperatura visualizadas: °C, °F, °K;
- A data e a hora do sistema;
- A visualização dos parâmetros estatísticos máximo, mínimo, médio e o seu cancelamento;
- A velocidade de transferência dos dados através da porta série RS232;
- A configuração da password de proteção do teclado e a ativação/desativação da password.

Os programas operativos são:

- Prog. A: HD32.1 Análises Microclimáticas;
- Prog. B: HD32.1 Análises do desconforto;
- Prog. C: HD32.1 Grandezas físicas.

Com o programa operativo A: Análises Microclimáticas, o HD32.1 é capaz de medir simultaneamente as seguintes grandezas:

- Temperatura do termómetro de globo;
- Temperatura do bolbo húmido de ventilação natural;
- Temperatura ambiente;
- Pressão atmosférica;
- Humidade relativa;
- Velocidade do ar.

O programa operativo A, também executa o cálculo da temperatura média radiante tr.

O programa operativo B, análise do Desconforto, é utilizado para calcular os índices de desconforto local devido a gradientes de temperatura verticais ou assimetria radiante, no entanto, as leituras registadas através do programa operativo B não foram validadas em virtude do equipamento não efetuar uma leitura completa que permitisse obter os valores necessários.

2. FUNCIONAMENTO

Para a execução das medições foi utilizado um tripé cód. VTRAP32 (Figura 2.1) com altura regulável até 1,50m, e dotado de cabeça com capacidade para receber até 6 sondas de medição. O mesmo tripé serve como suporte ao equipamento de medição na fase de aquisição dos dados. O kit VTRAP32K é composto de: tripé código VTRAP32 e de 4 braços código HD3218K.

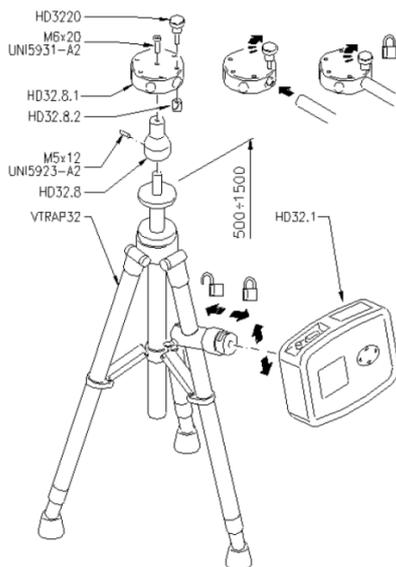


Figura 2.1 Tripé cód. VTRAP32

A haste para as sondas é dotada de braçadeira com parafuso de serrilha, para suporte das sondas (Figura 2.1).

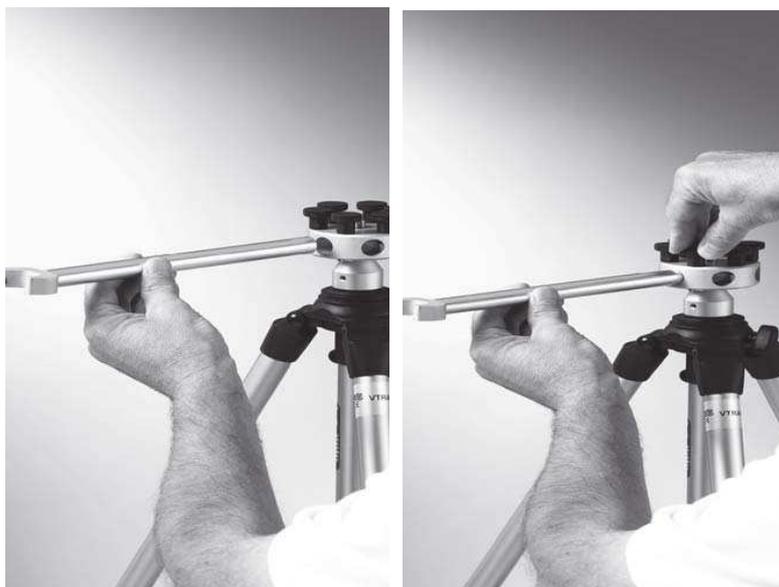


Figura 2.1 Haste de fixação das sondas

Antes de ligar o equipamento, ligam-se as sondas SICRAM às entradas: conector 8 pin macho DIN 45326, presentes na parte inferior do equipamento correspondentes ao tipo de leitura a ser realizada.

As sondas devem ser ligadas ao equipamento enquanto este está desligado. Se uma nova sonda for ligada ao equipamento já ligado, será ignorada; é necessário, neste caso, desligar e reacender o equipamento.

Quando se desliga uma sonda com o equipamento aceso, é emitido um aviso acústico (um bip por segundo) e, no display, em correspondência à grandeza física desligada, será visualizada a mensagem “LOST”.

Se forem inseridas mais sondas do mesmo tipo, será considerada apenas a primeira sonda reconhecida: a escolha das sondas, para o reconhecimento, ocorre a partir da entrada 1 até à entrada 8.

O sensor de pressão atmosférica é interno: no momento do acendimento do equipamento, caso não haja nenhuma sonda ligada, é visualizado apenas o valor da pressão atmosférica.

No momento de ligação aparece por cerca 10 segundos no display a seguinte imagem:



Além do logótipo Delta OHM é indicado o modelo e o código do programa operativo.

3. SONDAS E EXECUÇÃO DAS MEDIÇÕES

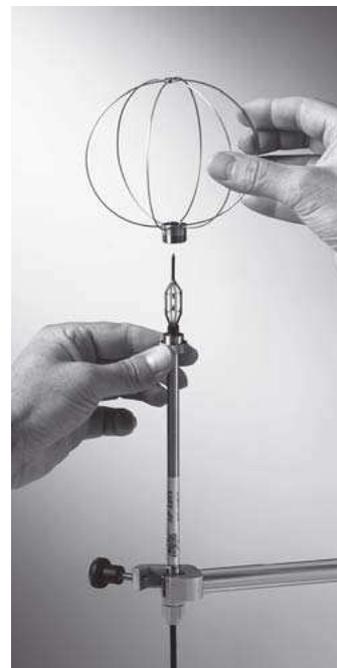
Para o Programa operativo A foram utilizadas as sondas da Figura 3.1.



Sonda de temperatura
(TP3276)



Sonda globométrica
(TP3207)



Sonda de fio quente omnidirecional
(AP3203 / AP3203-F)



Sonda combinada de temperatura
e humidade relativa
(HP3217)



Sonda de temperatura
de bolbo húmido e de bolbo seco
(HP3217DM)



Sonda de dióxido de
carbono
(HD320B2)

Figura 3.1 Sondas utilizadas nas medições do Programa operativo A

No local onde foi efetuado o levantamento dos dados foi montado o equipamento composto pelo tripé e pelas sondas necessárias à execução da medição. Configurou-se o equipamento e em seguida deu-se início à execução das medições.

No final da medição ou num segundo momento, os dados adquiridos foram transferidos para o computador para a elaboração e redação do/s relatório/s de medição efetuado/s.

Anexo II – Questionários



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

INQUERITO SOBRE: CONFORTO TÉRMICO

Este edifício está a ser estudado no âmbito de um trabalho de investigação da Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis. Pretende-se desenvolver um estudo da “viabilidade de utilização do sistema de pavimento radiante na otimização do conforto térmico em edifícios antigos”.

O objectivo deste inquérito é avaliar a opinião dos ocupantes deste edifício relativamente ao ambiente térmico, de modo a identificar os factores psico-sociais que influenciam a sensação de conforto térmico. Os resultados deste inquérito complementarão as medições de vários parâmetros térmicos efectuadas em simultâneo.

Sendo a sua participação essencial para o desenvolvimento deste estudo, pedimos que responda com franqueza às perguntas que são apresentadas de seguida. Salienta-se ainda que todas as respostas são confidenciais e anónimas, sendo os dados tratados apenas para fins estatísticos.

Muito obrigado pelo tempo despendido e pela sua cooperação.

Atenciosamente,
Pedro Lopes Lemos

1 Além das condições ambientais caracterizadas por vários parâmetros como, a temperatura, a humidade e a velocidade do ar, também a roupa que temos vestida influencia o nosso conforto.

1.1 Assim, pedimos que assinale no quadro seguinte todas AS PEÇAS DE VESTUÁRIO que tem vestidas neste momento.

CAMISA / BLUSA			SAPATOS		
de verão, manga curta	(0.15)	<input type="checkbox"/>	Sola fina / Ténis de pano	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de verão, manga comprida	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Sola grossa / Ténis desportivo	(0.04)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Sandália / Chinelo	(0.02)	<input type="checkbox"/>
de flanela	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Bota	(0.10)	<input type="checkbox"/>
T-shirt	(0.09)	<input type="checkbox"/>	ROUPA INTERIOR		
Polo de malha	(0.17)	<input type="checkbox"/>	Camisola de alças	(0.04)	<input type="checkbox"/>
CALÇA			Camisola, manga curta	(0.09)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Camisola, manga comprida	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de meia estação / ganga	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Cueca / Slip	(0.03)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.28)	<input type="checkbox"/>	Boxer	(0.04)	<input type="checkbox"/>
Calções	(0.08)	<input type="checkbox"/>	Sutiã	(0.01)	<input type="checkbox"/>
Macacão	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Combinação	(0.15)	<input type="checkbox"/>
SAIA			Ceroula	(0.10)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.15)	<input type="checkbox"/>	BLAZER / BLUSÃO		
de inverno	(0.25)	<input type="checkbox"/>	de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>
VESTIDO			de inverno	(0.35)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Colete	(0.12)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0.40)	<input type="checkbox"/>	Casaco	(0.60)	<input type="checkbox"/>
CAMISOLA / PULÔVER			Parka	(0.70)	<input type="checkbox"/>
de verão	(0.25)	<input type="checkbox"/>	OUTRAS PEÇAS DE ROUPA		
de inverno	(0.36)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sem mangas	(0.22)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sweatshirt	(0.30)	<input type="checkbox"/>	_____		
MEIAS			_____		
finas	(0.02)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo tornozelo	(0.05)	<input type="checkbox"/>	_____		
grossas, pelo Joelho	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		
de Nylon	(0.03)	<input type="checkbox"/>	_____		
Collants	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		

2 Considerando apenas O AMBIENTE TÉRMICO do local onde se encontra NESTE MOMENTO, responda às seguintes questões:

2.1 Como se SENTE, neste momento?

Muito frio	Frio	Ligeiramente frio	Nem frio nem quente	Ligeiramente quente	Quente	Muito quente
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.2 Como CONSIDERA o ambiente térmico, neste momento?

Confortável	Ligeiramente confortável	Desconfortável	Muito desconfortável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3 Neste momento, como GOSTARIA que o ambiente térmico estivesse?

Muito mais frio	Mais frio	Ligeiramente mais frio	Tal como está	Ligeiramente mais quente	Mais quente	Muito mais quente
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.4 Em termos de TOLERÂNCIA como classifica o ambiente térmico, neste momento?

Tolerável	Pouco tolerável	Muito pouco tolerável	Intolerável
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 Existe uma série de medidas que as pessoas podem adotar de modo a melhorar as suas condições de conforto térmico. Tomando em consideração O LOCAL ONDE SE ENCONTRA NESTE MOMENTO:

3.1 Alterou o seu vestuário no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico?

Sim Não

3.1.1 Se respondeu SIM, indique de seguida a(s) peça(s) de roupa que despiu ou vestiu.

Peças de roupa

Despiu _____

Vestiu _____

3.1.2 Se respondeu NÃO. Indique porque razão não o fez:

Não senti necessidade <input type="checkbox"/>	Senti necessidade, mas não mudei por constrangimento:	Pessoal <input type="checkbox"/> Institucional ou profissional <input type="checkbox"/>
Não alteraria nada <input type="checkbox"/>		

3.2 Mudou a sua LOCALIZAÇÃO no interior do local onde se encontra no decorrer da última hora, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico?

Sim Não

3.2.1 Se respondeu NÃO, indique porque razão o fez:

Não senti necessidade <input type="checkbox"/>	Senti necessidade, mas não mudei por constrangimento:	Pessoal <input type="checkbox"/> Institucional ou profissional <input type="checkbox"/> Espacial <input type="checkbox"/>
Não alteraria nada <input type="checkbox"/>		

3.3 Durante a última hora, assinale se tomou algumas das seguintes medidas com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico.

1. Abrir / fechar uma janela <input type="checkbox"/>	6. Alterar a temperatura do aquecimento <input type="checkbox"/>
2. Abrir / fechar uma porta <input type="checkbox"/>	7. Outra _____ <input type="checkbox"/>
3. Ligar / desligar uma ventoinha <input type="checkbox"/>	
4. Subir / descer estores ou correr cortinas <input type="checkbox"/>	8. Não tomei nenhuma <input type="checkbox"/>
5. Ligar / desligar o aquecimento <input type="checkbox"/>	

3.3.1 Relativamente às medidas anteriores que NÃO TOMOU, indique no quadro, quais GOSTARIA DE TER REALIZADO e as razões porque não as realizou:

medidas	razão

4 Indique se possui algum dos seguintes SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO de aquecimento e arrefecimento:

- Em casa
 - Aquecedor a óleo
 - Aquecedor elétrico
 - Aquecedor a gás
 - Lareira
 - Aquecimento central
 - Ventoinha
 - Ar condicionado
 - Outro:
- No carro
 - Ar condicionado

5 Finalmente, atendendo à caracterização demográfica, por favor responda-nos às questões seguintes:

8.1 Sexo: Masculino Feminino

8.3 Idade: _____ (anos)

8.4 Local de nascimento (localidade): _____

8.5 Peso e altura (aproximados): _____ (Kg) _____ (m)

**AGRADECEMOS O TEMPO DESPENDIDO NO PREENCHIMENTO DESTE INQUÉRITO.
MUITO OBRIGADO.**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

SURVEY ON: THERMAL COMFORT

This building is being studied in the framework of a research work of the Master in Sustainable Construction and Rehabilitation. It intends to evaluate "the feasibility of using underfloor heating system in the optimization of thermal comfort in old buildings."

The purpose of this work is to assess the building's occupants opinion about the thermal environment in order to identify the psychosocial factors that influence the thermal comfort sensation. The results of this investigation complement the measurements of several thermal parameters carried out simultaneously.

Your participation is essential for the development of this study, we ask you to answer honestly to the questions that are presented below. All responses are confidential and anonymous. The data is processed for statistical purposes only.

Thank you for the time spent and for your cooperation.

Sincerely,
Pedro Lopes Lemos

1 In addition to the environmental conditions represented by several parameters such as temperature, relative humidity, air speed, the garments we have dressed also affect our comfort.

1.1 So, please check in the table below all the garments that you have dressed at this moment:

SHIRT / BLOUSE			SHOES		
summer, short sleeve	(0.15)	<input type="checkbox"/>	Shoes / Tennis cloth	(0.02)	<input type="checkbox"/>
summer, long sleeves	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Thick soles / tennis sports	(0.04)	<input type="checkbox"/>
winter	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Sandals / thongs	(0.02)	<input type="checkbox"/>
flannel	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Boots	(0.10)	<input type="checkbox"/>
T-shirt	(0.09)	<input type="checkbox"/>	Underwear		
Polo mesh	(0.17)	<input type="checkbox"/>	Panties	(0.04)	<input type="checkbox"/>
PANTS			Sweater, short sleeve	(0.09)	<input type="checkbox"/>
summer	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Sweater, long sleeve	(0.12)	<input type="checkbox"/>
Half station / jeans	(0.25)	<input type="checkbox"/>	Briefs	(0.03)	<input type="checkbox"/>
winter	(0.28)	<input type="checkbox"/>	Boxer	(0.04)	<input type="checkbox"/>
Shorts	(0.08)	<input type="checkbox"/>	Bra	(0.01)	<input type="checkbox"/>
Overalls	(0.30)	<input type="checkbox"/>	Long underwear top	(0.15)	<input type="checkbox"/>
SKIRT			Half slip	(0.10)	<input type="checkbox"/>
summer	(0.15)	<input type="checkbox"/>	BLAZER / JACKET		
winter	(0.25)	<input type="checkbox"/>	summer	(0.25)	<input type="checkbox"/>
DRESS			winter	(0.35)	<input type="checkbox"/>
summer	(0.20)	<input type="checkbox"/>	Vest	(0.12)	<input type="checkbox"/>
winter	(0.40)	<input type="checkbox"/>	Coat	(0.60)	<input type="checkbox"/>
SWEATER / PULLOVER			Parka	(0.70)	<input type="checkbox"/>
summer	(0.25)	<input type="checkbox"/>	OTHER CLOTHES		
winter	(0.36)	<input type="checkbox"/>	_____		
sleeveless	(0.22)	<input type="checkbox"/>	_____		
Sweat shirt	(0.30)	<input type="checkbox"/>	_____		
SOCKS			_____		
thin	(0.02)	<input type="checkbox"/>	_____		
thick, at ankle	(0.05)	<input type="checkbox"/>	_____		
thick, at knee	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		
Nylon	(0.03)	<input type="checkbox"/>	_____		
Collants	(0.10)	<input type="checkbox"/>	_____		

2 Considering only the THERMAL ENVIRONMENT of the local where you are NOW, answer the following questions:

2.1 How do you FEEL at the moment?

Very cold	Cold	Slightly cold	Neither cold nor hot	Slightly warm	Hot	Very hot
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.2 How do you CONSIDER the thermal environment at this time?

Comfortable	Slightly uncomfortable	Uncomfortable	Very uncomfortable
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3 At this moment, how would you prefer the thermal environment to be?

Much colder	Colder	Slightly colder	As it is	Slightly warmer	Warmer	Much warmer
<input type="checkbox"/>						
(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)

2.4 In terms of TOLERANCE mark how you consider the thermal environment at this time?

Tolerable	Slightly tolerable	Not very tolerable	Intolerable
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 There are a number of measures people can take to improve their thermal comfort. Taking this into consideration the LOCAL WHERE YOU ARE RIGHT NOW:

3.1 Did you changed your clothes during the last hour, in order to improve the thermal comfort?

Yes	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.1.1 IF YES, indicate below the number (s) of garments stripped or dressed.

Garments

Stripped	<input type="checkbox"/>	_____
Dressed	<input type="checkbox"/>	_____

3.1.2 If you answered NO. Indicate why not:

I did not feel the need <input type="checkbox"/>	I felt the need, but did not moved due to constraint: →	Personal <input type="checkbox"/>
Did not changed anything <input type="checkbox"/>		Local <input type="checkbox"/>

3.2 Did you changed your location within the room during the last hour, in order to improve the thermal comfort?

Yes	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2.1 If you answered NO, please point out why:

I did not feel the need <input type="checkbox"/>	I felt the need, but did not moved due to constraint: →	Personal <input type="checkbox"/>
Did not changed anything <input type="checkbox"/>		Local <input type="checkbox"/>
		Spatial <input type="checkbox"/>

3.3 During the last hour, check if you have taken some of the following measures in order to improve the thermal comfort conditions.

1. Opened / closed a window <input type="checkbox"/>	6. Changed the temperature setpoint of the heating system <input type="checkbox"/>
2. Opened / closed a door <input type="checkbox"/>	7. Other _____ <input type="checkbox"/>
3. Turned on / off a fan <input type="checkbox"/>	8. Did not take any <input type="checkbox"/>
4. Rised up / down blinds or slided the curtains <input type="checkbox"/>	
5. Turned on / off heating <input type="checkbox"/>	

3.3.1 For the measures referred earlier that YOU HAVE NOT TAKEN, which ones WOULD YOU LIKE TO HAVE TAKEN and the reasons why you did not:

Measures	Reasons

4 Indicate if you have any of the following thermal systems (heating and cooling):

- At home
 - Oil heater
 - Electric heater
 - Gas heater
 - Fireplace
 - Central heating
 - Fan
 - Air conditioning
 - Other:
- In the car
 - Air conditioning

5 Finally, given the demographic characterization, please reply the following questions:

8.1 Sex: Male Female

8.3 Age: _____(years)

8.4 Birthplace (locality/country): _____

8.5 Weight and height (approximate): _____ (Kg) _____ (m)

THANK YOU FOR THE TIME SPENT IN COMPLETING THIS SURVEY.