



# **Parâmetros de Conforto e Desempenho Térmico em lares de idosos: um estudo na sede da Santa Casa de Misericórdia de Castelo Branco**

Ana Catarina Pires Simões Ferreira de Campos

## **Orientadores**

Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

José Carlos Gordo Mocito

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica Professor Adjunto, Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos, e do Professor Adjunto, Arq. José Carlos Gordo Mocito, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**Novembro de 2016**

## Composição do júri

### Presidente do júri

Doutora, Cristina Calmeiro Santos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

### Vogais

Doutor, José António Raimundo Mendes da Silva

Professor Associado da Universidade Coimbra

Doutora, Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutor, Dinis Correia Gardete

Assistente do Instituto Politécnico de Castelo Branco

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais e irmã por toda a atenção, carinho e paciência sem eles não seria possível este estudo, pois foram eles que me apoiaram e motivaram em tudo.

## Agradecimentos

Finalizada mais uma etapa a nível profissional importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o meu agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho:

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos pela sua disponibilidade de orientação neste trabalho e pelo apoio prestado nas dúvidas. O seu apoio foi determinante na elaboração desta tese.

Ao professor José Mocito, o meu agradecimento pela co-orientação neste trabalho. Obrigado pelo profissionalismo e disponibilidade que sempre revelou para comigo.

Ao professor Dinis Gardete, o meu agradecimento neste trabalho, pela disponibilidade e acompanhamento na realização dos ensaios.

À Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco que me deu esta oportunidade de realizar este trabalho.

À Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco, em especial ao Sr. Provedor Coronel José Alves por me ter proporcionado as condições necessárias para a elaboração da minha tese e por permitir a minha integração na instituição. Agradeço também a sua simpatia e disponibilidade. Aos utentes da SCMC e seus funcionários, quero agradecer a disponibilidade e colaboração na realização dos inquéritos.

À minha família, aos meus pais e irmã, um enorme obrigado por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino possa de alguma forma retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente me oferecem.

Ao Francisco, um agradecimento especial pelo apoio e carinho diário, pela transmissão de confiança e de força em todos os momentos.

## **Resumo**

Ao longo dos tempos, a energia foi utilizada de forma intensa e sem limites, originando um maior consumo de combustíveis fósseis que libertam durante a sua combustão gases com efeitos de estufa, o que provoca poluição ambiental e aumento da temperatura média da superfície terrestre.

Sendo o setor da construção um dos maiores consumidores de energia. Neste setor, um dos desafios é garantir as condições de conforto térmico no interior das habitações. A falta de qualidade térmica da envolvente dos edifícios, conduz a um aumento da utilização de equipamentos de climatização por parte dos ocupantes para garantir um nível de conforto térmico adequado, que origina um aumento dos consumos energéticos.

Neste contexto, a União Europeia tem vindo a implementar normas e diretivas de forma a promover a redução do consumo energético e promover a utilização de energias renováveis. Das medidas implementadas pelo Estado Português destaca-se o Sistema de Certificação Energético (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios e Comércio e Serviços (RECS). Em 2010, surgiu por parte do Parlamento Europeu e do Conselho a Diretiva nº2010/31/EU, que veio revogar os anteriores decretos-lei relativos às exigências energéticas e qualidade do ar e a aumentar estes os níveis de exigência e incentivar a conceção de edifícios com necessidades quase nulas de energia.

O presente trabalho resultou no estágio realizado na SCMCB e teve como principal objetivo analisar as condições de conforto térmico dos utentes, assim como caracterizar as soluções construtivas da envolvente dos edifícios e identificar os espaços com níveis de conforto térmico reduzido, propondo soluções de intervenção para melhorar o seu desempenho.

Para este efeito foram elaborados inquéritos, aplicados aos utentes, com a utilização da escala de ASHRAE de modo a avaliar os níveis de conforto térmico. Posteriormente foi necessário realizar ensaios para caracterizar os elementos construtivos das envolventes dos edifícios. De acordo com os dados obtidos sobre a perceção térmica dos utentes, foi ainda possível identificar os espaços com menor qualidade térmica e propor soluções de intervenção tendo em conta a tipologia construtiva existente.

## **Palavras chave**

Lar de idosos, Conforto térmico, Envolvente construtiva, Desconforto térmico, Soluções de melhorias.

## **Abstract**

Over time, the energy was used intensively and without limits, resulting in higher consumption of fossil fuels that release during the combustion gases with greenhouse effect, which causes environmental pollution and increase in the average surface temperature. As the construction sector one of the largest energy consumer.

In the construction sector, one of the challenges is to ensure the conditions for thermal comfort inside the home. Due to lack of thermal quality of the building envelope, leads to an increased use of air conditioning equipment by the occupant so as to ensure an adequate level of thermal comfort, which leads to an increase in energy consumption.

In this context, the European Union has been implementing standards and policies in order to promote the reduction of energy consumption and promote the use of renewable energy. The measures implemented by the Portuguese Government, there is the Energy Certification System (ECS), the Regulation of Energy Performance of Residential Buildings (SHR) and the Regulation of Energy Performance of Buildings and Trade and Services (RECS). In 2010, recently comes from the European Parliament and of the Council Directive nº2010 / 31 / EU, which repealed the previous decrees concerning energy requirements and air quality, increasing these levels of demand and encouraging the design of buildings with nearly zero-energy.

The work this resulted in a training camp in SCM CB, in order to analyze the sensation of thermal comfort of users, as well as characterize the constructive solutions of the surrounding buildings and identify areas with reduced thermal comfort levels, proposing intervention solutions to improve their performance.

For the purpose surveys were prepared, applied to users, using the ASHRAE scale in order to assess the levels of thermal comfort. Later it was necessary to carry out tests to characterize the building blocks of the surrounding buildings. According to the data on thermal perception of users, it was possible to identify areas with less thermal capacity and propose intervention solutions taking into account the existing building typology.

## **Keywords**

Nursing home, Thermal comfort, constructive surroundings, thermal discomfort, improvements Solutions.

# Índice geral

|  |     |
|--|-----|
| Resumo.....  | V   |
| Abstract.....  | VI  |
| Índice geral .....   | VII |
| Índice de figuras .....  | X   |
| Lista de tabelas.....  | XII |
| Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos .....                              | XIV |
| 1. Introdução.....   | 1   |
| 1.1 Enquadramento.....   | 1   |
| 1.2 Realização do estágio da Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco .. | 2   |
| 1.3 Objetivo .....   | 2   |
| 1.4 Estrutura do trabalho .....  | 3   |
| 2. Enquadramento legal.....  | 4   |
| 3. Análise do conforto térmico.....  | 7   |
| 3.1 Noção de conforto térmico.....   | 7   |
| 3.2 Mecanismos de regulação térmica do corpo humano .....                    | 8   |
| 3.3 Parâmetros que influenciam o conforto térmico .....                      | 9   |
| 3.3.1 Parâmetros individuais .....   | 10  |
| 3.3.2 Parâmetros ambientais.....   | 11  |
| 3.3.3 Parâmetros Subjetivos.....   | 12  |
| 3.4 Equação do conforto térmico.....   | 13  |
| 3.5 Modelo de conforto térmico .....   | 14  |
| 3.5.1 Abordagem analítica versus abordagem adaptativa.....                   | 14  |
| 3.5.2 Índices de conforto térmico .....                                      | 15  |
| 4. Caso de estudo.....   | 18  |
| 4.1 Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco.....                        | 18  |
| 4.1.1 Dados Climáticos de Castelo Branco.....                                | 19  |
| 4.1.2 Caraterização das soluções construtivas .....                          | 21  |
| 4.1.2.1 Introdução .....   | 21  |
| 4.1.2.2 Evolução das soluções construtivas .....                             | 21  |
| 4.1.2.3 Pavilhão A .....   | 22  |
| 4.1.2.4 Pavilhão B .....   | 24  |
| 4.1.2.5 Pavilhão C .....   | 26  |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.1.2.6  | Pavilhão E .....   | 28 |
| 4.1.2.7  | Pavilhão F .....   | 30 |
| 4.1.2.8  | Pavilhão G .....   | 33 |
| 4.1.2.9  | Pavilhão H .....   | 34 |
| 4.1.2.10 | Pavilhão I .....   | 36 |
| 4.1.2.11 | Pavilhão J .....   | 38 |
| 4.1.2.12 | Resumo das soluções construtivas de acordo com o ano de construção ..... | 39 |
| 4.2      | Conforto térmico dos utentes .....                                       | 40 |
| 4.2.1    | Metodologia utilizada .....  | 40 |
| 4.2.2    | População alvo e amostragem .....  | 42 |
| 4.2.3    | Análise dos resultados .....   | 43 |
| 4.2.4    | Conforto térmico nos espaços .....                                       | 44 |
| 4.2.5    | Sensação térmica .....   | 50 |
| 4.2.6    | Parâmetros térmicos considerados .....                                   | 53 |
| 5.       | Transmissão de calor em edifícios .....                                  | 56 |
| 5.1      | Mecanismos de transmissão de calor .....                                 | 56 |
| 5.5.1    | Condução .....   | 56 |
| 5.5.2    | Convecção .....  | 60 |
| 5.5.3    | Radiação .....   | 60 |
| 6.       | Caraterização do comportamento térmico .....                             | 62 |
| 6.1      | Trocas por condução através da envolvente .....                          | 62 |
| 6.1.1    | Zonas correntes .....  | 63 |
| 6.1.2    | Pontes térmicas .....  | 63 |
| 6.1.3    | Trocas de calor através do solo .....                                    | 63 |
| 6.2      | Inércia térmica .....  | 63 |
| 6.3      | Ganhos solares dos vãos envidraçados .....                               | 64 |
| 6.4      | Ventilação .....   | 65 |
| 6.5      | Soluções de reabilitação térmica da envolvente dos edifícios .....       | 65 |
| 6.5.1    | Paredes exteriores .....   | 66 |
| 6.5.2    | Cobertura .....  | 67 |
| 6.5.3    | Pavimento .....  | 69 |
| 6.5.4    | Vãos envidraçados .....  | 69 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 7.  | Medidas de melhoria térmica dos espaços identificados na SCMCB..... | 70 |
| 7.1 | Pavilhão A.....   | 70 |
| 7.2 | Pavilhão B.....   | 72 |
| 7.3 | Análise e conclusão da avaliação das diversas soluções.....         | 74 |
| 8.  | Conclusão e Trabalhos futuros.....                                  | 76 |
| 8.1 | Conclusão geral .....   | 76 |
| 8.2 | Conclusões específicas.....   | 76 |
| 8.3 | Trabalhos futuros .....   | 77 |
| 9.  | Referências bibliográficas.....                                     | 78 |
|     | Anexos .....  | 82 |
|     | Anexo I - Inquéritos aos utentes residentes da SCMCB.....           | 83 |
|     | Anexo II - Inquéritos aos utentes do Centro de Dia da SCMCB.....    | 85 |
|     | Anexo III - Planta do Pavilhão A .....                              | 87 |
|     | Anexo IV – Planta do Pavilhão B.....                                | 88 |
|     | Anexo V - Planta do Pavilhão C .....                                | 89 |
|     | Anexo VI - Planta do Pavilhão E.....                                | 90 |
|     | Anexo VII – Planta do Pavilhão F.....                               | 91 |
|     | Anexo VIII – Planta do Pavilhão G.....                              | 92 |
|     | Anexo IX – Planta do Pavilhão H.....                                | 93 |
|     | Anexo X – Planta do Pavilhão I.....                                 | 94 |
|     | Anexo XI – Planta do Pavilhão J .....                               | 95 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Carta psicométrica proposta por Giovanni .....  | 8  |
| Figura 2 – Processo de regulação térmica do corpo humano.....  | 9  |
| Figura 3- Equilíbrio térmico.....  | 14 |
| Figura 4 – Diagrama de temperatura de conforto ideal. ....   | 16 |
| Figura 5 – Relação entre índice PMV e índice PPD .....   | 16 |
| Figura 6 - Localização dos edifícios na sede da SCM CB. ....   | 18 |
| Figura 7 – Zonas climáticas de Portugal. ....  | 20 |
| Figura 8 – Imagem do exterior Pavilhão A.....  | 22 |
| Figura 9 – Verificação da espessura do revestimento,.....  | 23 |
| Figura 10 – Imagem exterior do Pavilhão B.....   | 24 |
| Figura 11 – Imagem exterior do Pavilhão C. ....  | 26 |
| Figura 12 – Execução do furo em corte pela caroteadora.....  | 26 |
| Figura 13 - Caracterização dos elementos construtivos.....   | 27 |
| Figura 14 – Imagem exterior do Pavilhão E. ....  | 28 |
| Figura 15 – Identificação do elemento construtivo.....   | 29 |
| Figura 16 – Imagem exterior do Pavilhão F. ....  | 30 |
| Figura 17 – Execução do furo de corte pela carotadora. ....  | 31 |
| Figura 18 – Imagem do Pavilhão G. ....   | 33 |
| Figura 19 – Imagem exterior do Pavilhão H.....   | 35 |
| Figura 20 – Imagem do Pavilhão I.....  | 36 |
| Figura 21 – Imagem exterior do Pavilhão J.....   | 38 |
| Figura 22 - Inquérito aplicado aos utentes.....  | 42 |
| Figura 23 – Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação aos quartos e as casas de banho por pavilhão. ....   | 46 |
| Figura 24 - Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação à sala de convívio e ao refeitório por pavilhão..... | 48 |
| Figura 25 - Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação ao corredor e as escadas de cada por pavilhão.....   | 50 |
| Figura 26 - Mecanismos de transmissão de calor em edifícios .....  | 56 |
| Figura 27 – Fluxo de calor por condução, em regime permanente.....   | 57 |
| Figura 28 - Fluxo de calor por condução num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo.....                     | 58 |
| Figura 29 - Fluxo de calor por condução num elemento formado por camadas paralelas ao fluxo.....                           | 59 |
| Figura 30 - Balanço térmico de um edifício.....  | 62 |
| Figura 31 - Envolvente do edifício. ....   | 65 |
| Figura 32 - Exemplo de isolamento na parede pelo exterior. ....  | 66 |
| Figura 33 - Exemplo de isolamento na parede pelo interior. ....  | 67 |
| Figura 34 - Exemplo de isolamento com preenchimento da caixa-de-ar . ....  | 67 |
| Figura 35 – Isolamento térmico em cobertura inclinada.....   | 68 |
| Figura 36– Isolamento térmico em coberturas planas. ....   | 68 |
| Figura 37 – Localização dos espaços com desconforto térmico do Pavilhão A. ....  | 70 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 38 – Esquema da solução construtiva com isolamento térmico pelo interior. | 72 |
| .....  | 72 |
| Figura 39 – Localização dos espaços com desconforto térmico do Pavilhão B. ....  | 73 |
| Figura 40 – Esquema de isolamento térmico na esteira horizontal.....             | 74 |
| Figura 40 - Planta do pavilhão A.....  | 87 |
| Figura 41 – Planta do pavilhão B .....   | 88 |
| Figura 42 – Planta do pavilhão C.....  | 89 |
| Figura 43 - Planta do Pavilhão E .....   | 90 |
| Figura 44 - Planta do Pavilhão F.....  | 91 |
| Figura 45 – Planta do pavilhão G .....   | 92 |
| Figura 46 – Planta do pavilhão H.....  | 93 |
| Figura 47 - Planta do Pavilhão I.....  | 94 |
| Figura 48 – Planta do Pavilhão J.....  | 95 |

## Lista de tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Categorias de conforto definidas pela EN 15251 .....   | 5  |
| Tabela 2 – Valores do PMV e do PPD recomendados para edifícios com ventilação mecânica .....                                    | 5  |
| Tabela 3 – Valores de metabolismo para várias atividades .....  | 10 |
| Tabela 4 – Resistência térmica das peças de roupa .....   | 11 |
| Tabela 5 - Escala de ASHRAE. ....   | 15 |
| Tabela 6 - Valores de ref. e parâmetros para ajustes em altitude para a estação aquecimento .....                               | 19 |
| Tabela 7 - Valores de ref. e parâmetros para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento da zona BIS ..... | 20 |
| Tabela 8 - Caraterização construtiva do Pavilhão A.....   | 23 |
| Tabela 9 - Constituição e determinação do U, da parede exterior do Pavilhão A....   | 24 |
| Tabela 10 – Caraterização construtiva do Pavilhão B .....   | 25 |
| Tabela 11 - Constituição e determinação do U da parede exterior do pavilhão B ..  | 25 |
| Tabela 12 - Caraterização construtiva do pavilhão C .....   | 27 |
| Tabela 13 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão C ..  | 28 |
| Tabela 14 - Caraterização construtiva do Pavilhão E .....   | 29 |
| Tabela 15 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão E ..  | 30 |
| Tabela 16 - Caraterização construtiva do Pavilhão F .....   | 32 |
| Tabela 17 - Constituição e determinação do U da parede exterior do pavilhão F...32  |    |
| Tabela 18 - Caraterização construtiva do pavilhão G .....   | 33 |
| Tabela 19 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão G ..34  |    |
| Tabela 20 - Caraterização construtiva do Pavilhão H.....  | 35 |
| Tabela 21 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão H ..36  |    |
| Tabela 22 - Caraterização construtiva do Pavilhão I .....   | 37 |
| Tabela 23 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão I....37   |    |
| Tabela 24 - Caraterização construtiva do Pavilhão J .....   | 38 |
| Tabela 25 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão J....39   |    |
| Tabela 26 – Evolução das soluções construtivas dos edifícios da SCMCB.....  | 40 |
| Tabela 27 – Número dos utentes por pavilhão da sede da SCMCB .....  | 43 |
| Tabela 28 – Dados dos utentes inquiridos .....  | 43 |
| Tabela 29 – Análise da sensação térmica e PPD dos diversos espaços de cada edifício .....                                       | 52 |
| Tabela 30 – Sensação térmica e desconforto térmico dos edifícios analisados .....   | 53 |
| Tabela 31 – Resistência térmica do vestuário dos utentes por pavilhão .....   | 54 |
| Tabela 32 - Valores das resistências térmicas superficiais, Rse, Rsi.....   | 61 |
| Tabela 33 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da envolve exterior com isolamento.....                               | 71 |



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigeration and Air

BIS - Beira Interior Sul

CAD - Autocad

CEN - European Committee for Standardization

DL - Decreto Lei

I - inverno

ISO - International Organization for Standardization

ITE50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PMV - Predicted Mean Vote

PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

PUR - poliuretano

PVC - Policloreto de vinil

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios e Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SCE - Sistema de Certificação Energético

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios e Comércio e Serviços

SCMCB - Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco

V - verão

XPS - Poliestireno Extrudido

## Simbologia

$A$  – área da parede

$A_j$  – área do elemento  $j$

$C$  – Trocas por convecção com camadas de ar

$E$  – Perdas de calor por evaporação

$e$  – espessura do elemento

$e_i$  – espessura do elemento  $i$

$e_1, e_2, e_3$  – espessuras dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$GD$  – número de graus-dias, na base de 18°C, corresponde à estação convencional de aquecimento

$G_{sul}$  – energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul

$h_{se}$  – condutância térmica superficial exterior de convecção

$h_{si}$  – condutância térmica superficial interior de convecção

$I_{sol}$  – energia solar acumulada durante a estação

$K$  – Trocas por condução através do vestuário

$\lambda$  – condutibilidade térmica

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$\lambda_i$  – condutibilidade térmica do elemento  $i$

$\lambda_j$  – condutibilidade térmica do elemento  $j$

$M_c$  – Taxa metabólica de produção de calor

$M$  – duração da estação de aquecimento

$n$  – nº de elementos em série;

$n$  – nº de elementos em paralelo

$Q$  – fluxo de calor total

$Q_{cond}$  – fluxo de calor por condução

$Q_1, Q_2, Q_3$  – fluxos de calor dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente

$R$  – Trocas por radiação com o ambiente

$R_{es}$  – Trocas de calor convecção

$R_j$  – resistência térmica do elemento

$R_t$  – resistência térmica

$S$  – Taxa total de calor armazenada no corpo

$U_p$  – coeficiente de transmissão térmica do elemento

$W$  – Energia correspondente ao trabalho mecânico realizado

$z$  – altitude de referência

$\theta_0$  – temperatura interior

$\theta_e$  – temperatura exterior

$\theta_{se}$  – temperatura da superfície exterior

$\theta_{si}$  – temperatura da superfície interior

$\theta_{ext,v}$  – temperatura exterior média

$\theta_{ext,i}$  – temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento

# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento

O conforto térmico nos edifícios é uma condição importante para alcançar o bem-estar, a saúde e consequentemente um melhor nível de vida.

Para obter um ambiente interior termicamente mais confortável nos edifícios, é necessário recorrer a equipamentos energéticos, e consequentemente um aumento do consumo energético. Inicialmente, os regulamentos existentes sobre o conforto térmico tinham como objetivo definir as condições de conforto térmico e não faziam referência às questões referentes ao consumo energético, necessário para garantir o conforto térmico interior. No entanto, devido à crescente problemática e preocupação ambiental da elevada utilização dos recursos naturais, para a produção energética e emissões poluidoras associadas a este processo, houve a necessidade de limitar a utilização destes recursos e promover o desenvolvimento sustentável. A conjugação destes fatores levou à criação de novas normas de conforto térmico, de forma a atingir o conforto mas com menor consumo energético possível, procurando-se obter garantias de sustentabilidade económica e ambiental.

Ao longo dos anos, no âmbito da legislação tem-se verificado a preocupação com a melhoria do desempenho energético dos edifícios, tanto a nível da adaptação dos edifícios às condições climáticas do local onde são implantados, como em relação à diminuição dos consumos energéticos para realizar a climatização interior dos edifícios (conforto térmico). A nível da União Europeia surgiu a Diretiva 2002/91/CE, do parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002, relativamente ao desempenho energético dos edifícios, tendo esta diretiva sido transposta para a legislação Portuguesa através do Decreto-Lei nº78/2006, de 4 de Abril, respeitante ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, juntamente com o Decreto-Lei nº79/2006 relativo ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e com o Decreto-Lei nº80/2006 relativo ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Em 2010, no Parlamento Europeu e do Conselho surgiu a Diretiva nº2010/31/EU, que veio revogar os anteriores decretos-lei relativos às exigências energéticas e de qualidade do ar, que aumentou os níveis de exigência e incentivando a conceção dos edifícios com necessidades quase nulas de energia. Em Portugal, esta diretiva foi transportada para a legislação nacional através do Decreto-Lei nº118/2013, de 20 de agosto de 2013, que veio a aprovar a nova legislação relativa ao desempenho térmico e energético dos edifícios, constituída pelo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenhos Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Atendendo que, no dia-a-dia, o Homem passa grande parte do seu tempo dentro das edificações, torna-se essencial garantir que os edifícios ofereçam condições de conforto térmico adequadas. Sabendo que o homem é um animal homeotérmico (manutenção da temperatura interna do organismo sensivelmente constante), o balanço térmico entre o corpo dos utilizadores e o seu ambiente interno é de extrema importância. Neste seguimento, surgiu o estudo de desempenho térmico em edifícios utilizados como lar de idosos. Considerando que a população sénior passa a maior parte do seu tempo dentro dos edifícios, lares de idosos e com o avanço da idade, o sistema de regulamentação térmico do organismo humano fica debilitado. O que torna mais difícil a realização dos procedimentos para controlar a desidratação, em altas temperaturas, ou de manter o corpo quente quando está frio.

## **1.2 Realização do estágio da Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco**

A presente tese de mestrado surge no âmbito de finalizar o Mestrado de Construção Sustentável e tem o intuito de completar as competências e conhecimentos adquiridos ao longo do percurso curricular. Deste modo, optou-se pela realização de um estágio, na instituição da Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco. Este estágio teve uma duração de quatro meses, de abril a julho de 2016 e teve um carácter tanto teórico como prático, uma vez que, foram desenvolvidas diversas atividades. A nível teórico realizou-se um levantamento dos conceitos e parâmetros associados ao conforto térmico e reabilitação térmica em edifícios. A nível prático, foi realizado um levantamento e caracterização das soluções construtivas dos edifícios da sede a SCMCB. Devido à escassa informação relativamente aos edifícios foram efetuados ensaios “in situ” destrutivos, de forma a conhecer os elementos construtivos que constituem a envolvente exterior dos edifícios. Foi também, elaborado e realizado inquéritos aos utentes, utilizando a escala de ASHRAE para avaliar os níveis de conforto térmico.

## **1.3 Objetivo**

O presente relatório tem como propósito expor o trabalho desenvolvido durante o estágio realizado na sede da SCMCB. Este trabalho teve como objetivo analisar a perceção térmica sentida pelos utentes e utilizadores do lar de idosos da sede da SCMCB. Assim como, a caracterização das soluções construtivas dos edifícios e identificação dos espaços com elevado desconforto térmico, no sentido de propor medidas de intervenção para melhorar o seu desempenho.

Para atingir este objetivo foi desenvolvido um inquérito adaptado ao público alvo, utilizando a escala de ASHRAE para avaliar os níveis de conforto térmico.

Tendo em conta a análise dos estudos específicos de desempenho térmico da envolvente foram caracterizadas e apresentadas estratégias de soluções construtivas de melhoria.

## 1.4 Estrutura do trabalho

O presente relatório encontra-se organizado em nove capítulos, conforme se descreve seguidamente:

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do trabalho, um breve resumo da realização do estágio, os objetivos e a sua estrutura.

No segundo capítulo é apresentado o enquadramento legal, referindo as normas e as disposições legais no âmbito do conforto térmico.

No terceiro capítulo são sintetizados os conhecimentos existentes da análise de conforto térmico. No princípio é apresentado o conceito de conforto térmico e são indicados os mecanismos de regulação térmica do corpo humano. Posteriormente são apresentados aos parâmetros que influenciam o conforto térmico, sendo eles os parâmetros individuais, parâmetros ambientais e os parâmetros subjetivos. Por fim aborda-se o modelo de conforto térmico, caracterizado pelo modelo adaptativo e os índices de conforto térmico.

No quarto capítulo é abordado o caso de estudo, que integra os edifícios da sede da Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco (SCMCB), sendo ainda apresentada a metodologia de estudo, a população alvo e amostra, além dos resultados dos inquéritos aplicados aos utentes da SCMCB.

No quinto capítulo são abordados os temas da transmissão de calor em edifícios, mecanismos de transmissão de calor e a interpretação das trocas de calor em edifícios.

O sexto capítulo é abordado a caracterização do comportamento térmico nos edifícios. Inicialmente é apresentado as trocas por condução através da envolvente definindo-se os conceitos de zonas correntes, pontes térmicas, trocas de calor através do solo, inércia térmica, ganhos solares dos vãos envidraçados e a ventilação. Posteriormente, são apresentadas soluções de reabilitação térmica nas paredes exteriores, cobertura, pavimento e vãos envidraçados.

No sétimo capítulo são indicadas medidas de melhoria térmica dos espaços com desconforto térmico nos Pavilhões A e B e realizada uma análise da avaliação das diversas soluções.

No oitavo capítulo são referidas as conclusões gerais e específicas do trabalho e a apresentadas propostas de possíveis trabalhos futuros.

Por fim, no último capítulo consta as referências bibliográficas e os anexos com informação relevante à elaboração do presente trabalho.

## 2. Enquadramento legal

A avaliação do conforto térmico teve nos últimos anos um aumento de interesse por parte dos pesquisadores, sendo que as normas existentes nesta área englobam todas as variáveis que influenciam no conforto térmico, quer sejam em ambientes controlados ou não.

As principais normas existentes atualmente foram elaboradas pela *International Organization for Standardization* (ISO), pela *American Society of Heating, Refrigeration and Air – Conditioning Engineers* (ASHRAE) e, mais recentemente, pelo *European Committee for Standardization* (CEN).

**ISO 10551:2001** – especifica critérios e desenvolve escalas para avaliar os parâmetros subjetivos de percepção térmica de inquéritos distribuídos às pessoas inseridas nos espaços avaliados (ISSO 10551,2001).

**ISO 8996:2004** - A metodologia da determinação da taxa de produção de calor metabólico é enunciada nesta norma ISO 8996 (ISO 8996, 1989), podendo ser determinado a partir de tabelas onde constam tipos de atividades, sendo utilizável para a determinação da taxa de metabolismo referida na equação do balanço térmico entre o corpo humano e o ambiente envolvente (ISO 8996, 2004).

**ISO 7730:2005** – Assenta na avaliação de conforto térmico e são definidos valores para os parâmetros físicos do ambiente interno (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade e humidade do ar) e dos parâmetros individuais (atividade desenvolvida e o vestuário utilizado), relativamente às estações climáticas de Inverno e Verão (ISO 7730:2005).

**ISO 9920:2007** - Ergonomia de ambientes térmicos - Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de uma indumentária. A norma ISO 9920 concede métodos para determinar o isolamento do vestuário baseado em tabelas, que indicam um conjunto de vestuário associado a um valor de isolamento térmico (ISO 9920, 2007).

**ASHRAE 55: 2010** – Aborda três métodos de validação das condições de conforto térmico de um determinado ambiente interior, para pelo menos 80% de aceitabilidade, dependendo do método a realizar, se é uma abordagem analítica ou adaptativa (ASHRAE 55, 2010).

**EN 15251:2007** - Especifica os parâmetros ambientais em ambientes fechados para a construção de sistemas de climatização e cálculos de desempenho energéticos (EN 15251:2007). Esta norma baseia-se em normas já existentes como a ASHRAE 55 e ISO 7730, no entanto, rege critérios de conforto mais exigentes do que os regulamentos nacionais em vigor (REH e RECS).

Aplica-se em edifícios de habitação unifamiliar, apartamentos, escritórios, escolas, hospitais, hotéis e restaurantes, instalações desportivas, comércio grossista e retalhista e edifícios de serviços. Esta norma qualifica o conforto agrupando os

edifícios em 4 categorias, estas baseiam-se na sensação de conforto dos ocupantes e nos graus de exigências dos mesmos, na Tabela 1 são definidas essas categorias.

Tabela 1 – Categorias de conforto definidas pela EN 15251 (EN 15251:2007)

| Categoria | Descrição   |
|-----------|---|
| I         | Mais exigente. Elevado nível de expectativa. Recomendada na conceção de edifícios onde se pretenda atingir um nível de conforto térmico muito elevado ou em edifícios com requisitos especiais (com ocupantes sensíveis ou frágeis como doentes, crianças ou idosos). |
| II        | Nível de expectativa normal. Recomendada na conceção de novos edifícios e na reabilitação.  |
| III       | Nível de expectativa aceitável e moderado. Pode ser usado em edifícios existentes.  |
| IV        | Valores fora dos critérios descritos nas categorias anteriores.   |

À medida que a categoria diminui (IV para I), significa a necessidade de um controlo mais rigoroso, o que implica um maior consumo de energia. Assim, sendo a categoria I a mais exigente, é utilizada apenas em hospitais, salas de operações e locais ocupados por pessoas como doentes, crianças e idosos. A categoria II, é definida para ser aplicada em todas as novas construções e para reabilitações, sendo menos exigente que a categoria I. Para edifícios existentes é aplicável a categoria III, menos exigente que a categoria II. Por último, a categoria IV, apenas deverá ser considerada quando os valores se encontram fora dos critérios das categorias anteriores.

Os critérios para o ambiente térmico nos edifícios com ventilação mecânica são baseados nos índices de conforto térmico PMV-PPD. As letras I, II e III da EN15251 correspondem as letras A, B e C da ISO 7730, de acordo com Tabela 2.

Tabela 2 – Valores do PMV e do PPD recomendados para edifícios com ventilação mecânica

| Categoria | PPD (%) | PMV                      |
|-----------|---------|--------------------------|
| I         | < 6     | -0,2 < PMV < +0,2        |
| II        | < 10    | -0,5 < PMV < +0,5        |
| III       | < 15    | -0,7 < PMV < +0,7        |
| IV        | >15     | PMV < -0,7 ou +0,7 < PMV |

Em Portugal, existe um conjunto de legislação que procura assegurar níveis mínimos de desempenho térmico para os edifícios. A referida legislação tem por objetivo assegurar que as condições de conforto no interior dos edifícios sejam mantidas em níveis aceitáveis, sendo eles:

**Decreto-Lei 118/2013, de 20 de agosto** - Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (DL 118/2013).

**Despacho n.º 15793-F/2013, série II, de 3 de dezembro** - Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados (Desp Ext 15793F, 2013).

**Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, série II, de 3 de dezembro** - Publica os parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho (Desp Ext 15793K, 2013).

## 3. Análise do conforto térmico

### 3.1 Noção de conforto térmico

O conforto térmico é definido pela sensação térmica expressa por pessoas sujeitas a essa avaliação, ou seja, define-se como "a condição da mente que expressa satisfação com o seu ambiente térmico" (ASHRAE 55, 2010). Com uma análise crítica da referência ao carácter psicológico dessa definição, "...condição da mente...", percebe-se que um possível estado de conforto térmico por parte de um indivíduo é não só influenciado por um conjunto de fatores físicos que determinam as trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente, mas também por fatores de carácter psicológico.

Este aspeto explica, de certo modo, o facto de não existirem métodos de avaliação de conforto térmico perfeitos. Considera-se por isso normal, que num grupo de indivíduos quando sujeitos a uma avaliação de conforto térmico num mesmo ambiente, ao mesmo tempo, alguns deles possam estar insatisfeitos com as condições térmicas do mesmo (Nicol et al., 1995).

Fanger (Fanger, 1970) através dos estudos realizados em câmaras climatizadas conclui que um determinado indivíduo está em conforto térmico:

- Se estiver em neutralidade térmica, que segundo Fanger, é "a situação onde uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente em que está";
- Se possuir uma temperatura da pele e uma taxa de secreção de suor dentro dos limites compatíveis com a atividade exercida;
- Se não sentir qualquer desconforto térmico localizado, como sensação do piso quente ou frio, diferenças de temperatura na vertical, correntes de ar ou assimetria da temperatura radiante.

A zona de conforto térmico pode ser definida como a situação à qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente e a atividade por si exercida. Não pode ser definida com exatidão, mas é possível determinar valores entre os quais a maioria das pessoas sentem conforto e valores a partir dos quais uma larga maioria sentem em desconforto.

Em 1969, Givoni concebeu uma nova carta bioclimática (Figura 1), para edifícios em que corrigia algumas limitações do diagrama idealizado por Olgyay. Esta baseia-se em temperaturas internas do edifício, propondo estratégias construtivas para uma adequação do edifício ao clima, ao invés da carta de Olgyay que apenas propõe a sua aplicação estritamente às condições externas (Abrantes, 2012).

Legenda:

- 1- Zona de conforto térmico
- 2- Ventilação
- 3- Resfriamento evaporativo
- 4- Inércia térmica para resfriamento
- 5- Ar condicionado
- 6- Umidificação
- 7- Inércia térmica para aquecimento
- 8- Aquecimento solar passivo
- 9- Aquecimento artificial

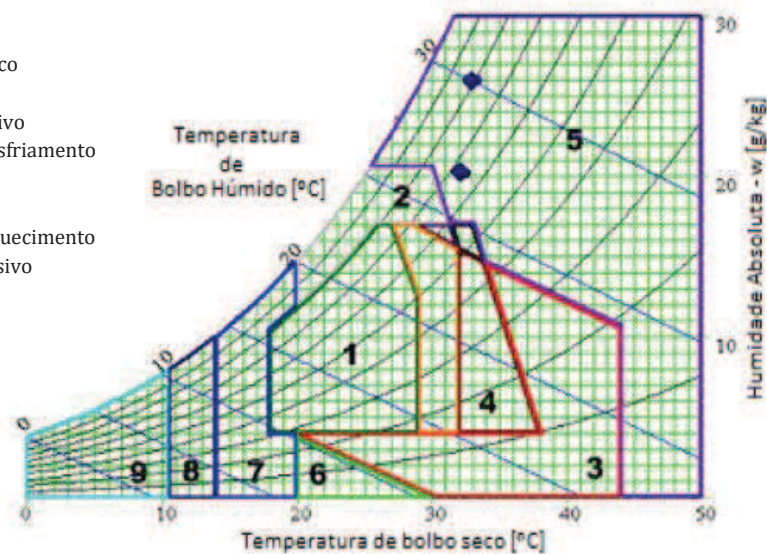


Figura 1 – Carta psicrométrica proposta por Giovani (fonte Abrantes, 2012).

### 3.2 Mecanismos de regulação térmica do corpo humano

Cada pessoa tem um metabolismo diferente, no entanto existem zonas de respostas fisiológicas comuns, ou seja, todas as pessoas devem manter dentro de certos limites como uma temperatura corporal interna semelhante, entre os 36°C e 37°C, independente da temperatura ambiente que rodeia (Almeida, 2010) (Romeu, 2014).

A insatisfação com o ambiente térmico pode ser causada quando o corpo está demasiado quente ou demasiado frio, provocando uma sensação de desconforto térmico, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (Graça, 2012) (Romeu, 2014).

O corpo humano possui mecanismos para controlar as trocas de calor com o ambiente envolvente, sendo o hipotálamo o centro desse controlo através da temperatura interior, regulando o caudal sanguíneo e a intensidade da transpiração, de forma a manter o equilíbrio entre a energia produzida no interior do corpo e as perdas térmicas para o exterior. Quando o corpo estiver exposto a situações térmicas extremas de calor ou de frio, durante um período de tempo elevado, ultrapassando assim os limites de conforto térmico, estes mecanismos são acionados para que se mantenha o calor interno estável, evitando alterações prejudiciais ao organismo humano (ASHRAE, 1997).

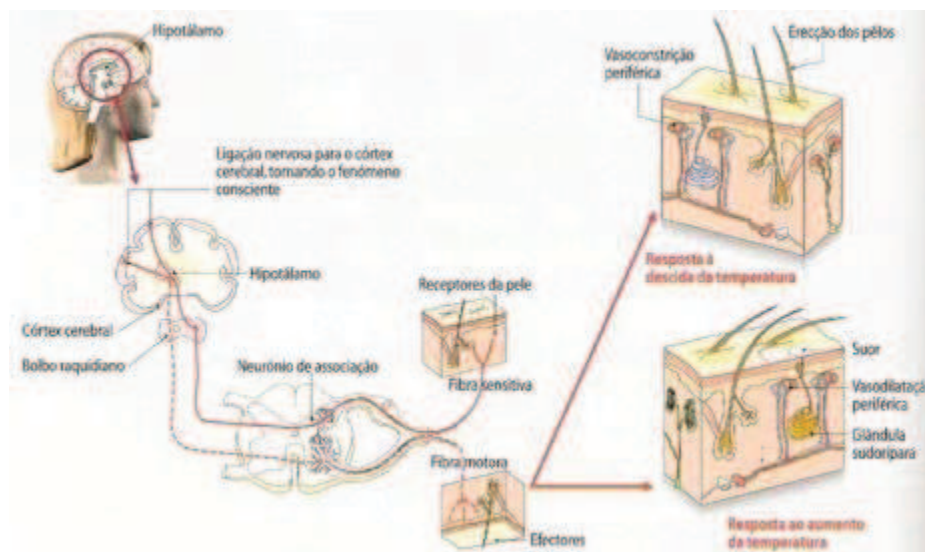


Figura 2 – Processo de regulação térmica do corpo humano (Referência dicionário da saúde).

Na pele existem células termo-sensoriais que funcionam como recetores de calor e de frio. Quando estimuladas, estas células geram impulsos nervosos, que são conduzidos pelos nervos sensitivos e pela medula espinhal até ao hipotálamo. O hipotálamo está ligado ao centro vasomotor, como se observa na Figura 2, cuja função é provocar a dilatação dos vasos sanguíneos- vasodilatação, ou a sua contração- vasoconstrição.

A dilatação dos vasos sanguíneos da pele - vasodilatação periférica - permite o aumento da perda de calor. Por outro lado, a vasoconstrição periférica diminui essas perdas, pois as trocas de calor são menores, contribuindo, assim para o retorno da temperatura para nível normal.

As trocas de calor por condução, convecção e radiação entre o corpo humano e as superfícies envolventes, estão associadas a fenómenos de transferência de calor que envolvem variações de temperatura, enquanto as trocas de calor latente por respiração e evaporação da pele estão associadas a transferências de massa relacionadas com a produção de vapor de água e conseqüentemente mudança de estado da fase da água.

### 3.3 Parâmetros que influenciam o conforto térmico

A sensação de conforto térmico de qualquer indivíduo em relação ao ambiente circundante depende de diversos parâmetros individuais, ambientais e subjetivos descritos de seguida.

### 3.3.1 Parâmetros individuais

- Metabolismo

No processo de metabolismo o homem produz energia interna a partir da transformação dos alimentos no organismo. Essa energia é consumida na manutenção nas funções fisiológicas do homem, na realização de trabalhos mecânicos externos (atividade muscular) e o restante é libertado sob forma de calor (Ruas, 2001).

O metabolismo corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo, este depende da atividade desenvolvida. Esta relação é apresentada na Tabela 3 com valores de metabolismo para as diversas atividades. Estes valores são expressos em  $W/m^2$ . Uma forma simplificada para a análise do metabolismo considera que 1 *met* corresponde ao metabolismo de uma pessoa sentada a descansar, ou seja 1 *met* = 58,15  $W/m^2$  (Águas, 2010).

Tabela 3 – Valores de metabolismo para várias atividades (Águas, 2010)

| <b>Tipo de atividade</b> | <b>Metabolismo<br/>[w/pessoa]</b> | <b>Metabolismo<br/>[met]</b> | <b>Metabolismo<br/>[w/m<sup>2</sup>]</b> |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|
| Deitado                  | 85                                | 0,8                          | 47                                       |
| Sentado a descansar      | 104                               | 1,0                          | 58                                       |
| Atividade sedentária     | 126                               | 1,2                          | 70                                       |
| Em pé, atividade leve    | 167                               | 1,6                          | 93                                       |
| Em pé, atividade média   | 210                               | 2,0                          | 117                                      |
| Grande atividade         | 315                               | 3,0                          | 175                                      |

- Vestuário

A roupa utilizada por cada pessoa é um fator muito importante para o conforto térmico. O vestuário é uma barreira protetora do corpo humano, que serve de resistência às trocas de calor entre o corpo e o ambiente envolvente devido à sua capacidade de isolamento térmico.

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 uma resistência térmica de 0.155  $m^2 \cdot ^\circ C/W$  (Silva, 2002). A Tabela 4 apresenta as peças de roupa referidas nos inquéritos utilizados no âmbito deste trabalho e os respetivos valores de resistência térmica.

O valor total da resistência do vestuário de uma pessoa é obtido através do somatório dos valores da resistência de cada peça de roupa individual que ele utiliza (ASHRAE 55,2010) (ISO 7730, 2005).

Tabela 4 – Resistência térmica das peças de roupa (ASHRAE 55, 2010; ISO 7730, 2005)

| <b>Peças de vestuário</b>           | $I_{clo}$ | <b>Peças de vestuário</b>         | $I_{clo}$ |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| <b>Roupa interior</b>               |           | <b>Camisas/blusas</b>             |           |
| Camisola cavada                     | 0,04      | Manga curta                       | 0,15      |
| T-shirt                             | 0,09      | Normal, manga comprida            | 0,25      |
| Camisola interior de manga comprida | 0,12      | Camisa de flanela, manga comprida | 0,23      |
| <b>Calças</b>                       |           | <b>Vestidos/saias</b>             |           |
| Calção                              | 0,06      | Saias de verão                    | 0,15      |
| Normais                             | 0,25      | Saias de inverno                  | 0,25      |
| Flanela                             | 0,28      | Vestidos de inverno               | 0,40      |
| <b>Camisolas</b>                    |           | <b>Casaco</b>                     |           |
| Colete                              | 0,12      | Casaco fino                       | 0,25      |
| Malha fina                          | 0,2       | Casaco meia estação               | 0,35      |
| Normal                              | 0,28      | Casaco malha grossa               | 0,40      |
| Malha grossa                        | 0,35      | <b>Diversos</b>                   |           |
| <b>Calçado</b>                      |           | Meias pelo tornozelo              | 0,05      |
| Sapatos                             | 0,03      | Meias calças                      | 0,10      |
| Botas                               | 0,01      |                                   |           |

### 3.3.2 Parâmetros ambientais

As variáveis ambientais utilizadas nos estudos de conforto térmico, alusivas às condições dos ambientes estudados são, segundo Fanger (Fanger, 1970), a temperatura do ar,  $T_a$  (°C), a temperatura média radiante,  $T_{mr}$  (°C), a velocidade do ar,  $V_{ar}$  (m/s) e a humidade relativa,  $HR$  (%), cuja medição deve ser realizada com equipamentos técnicos específicos.

- Temperatura do ar

A temperatura do ar é uma das variáveis mais importantes do conforto térmico, por se associar à sensação de trocas de calor do corpo humano e o meio ambiente por convecção e por evaporação, sendo representada pela temperatura de bolbo seco. Deve ser tida em conta na determinação da transferência de calor por convecção entre o corpo humano e o ambiente térmico (ISO 7726, 1998).

Para edifícios de habitação, o REH, estabelece como temperatura de conforto de referência: 18°C para a estação de aquecimento e 25°C para a estação de arrefecimento (DL 118/2013).

Quando a temperatura do ar é inferior à da pele, existe perda de calor por convecção. Se a temperatura do ar estiver superior à da pele, ele cederá calor para o

corpo por convecção. Quanto à evaporação, a influência da temperatura do ar dependerá da humidade relativa e da velocidade do ar (Ruas, 2001).

- Humidade do ar

A humidade do ar pode expressar-se em termos absolutos e relativos. A humidade absoluta expressa-se sob a forma de pressão parcial de vapor de água, sendo uma variável essencial para a determinação das perdas de calor por evaporação do corpo humano com o meio ambiente.

A humidade relativa do ar determina-se pela razão entre o número de gramas de vapor de água existente em  $1\text{m}^3$  de ar e a quantidade máxima de gramas de vapor de água que  $1\text{m}^3$  de ar pode conter, quando está saturado nessa temperatura, esta variável varia com a temperatura do ar (Ruas, 2001).

- Temperatura média radiante

A temperatura média radiante define-se como sendo a temperatura uniforme superficial de um espaço imaginário negro no qual um ocupante troca a mesma quantidade de calor por radiação que no espaço real não uniforme (ASHRAE 55, 2010). Na prática, a determinação do valor físico deste parâmetro é efetuado utilizando um termómetro de bolbo negro nas medições.

- Velocidade do ar

A velocidade do ar é um parâmetro importante a ser considerado no cálculo da sensação térmica devido à sua influência nas trocas de calor do organismo com o ambiente por convecção e por evaporação. Para além de possuir uma influência direta na perceção do conforto térmico global, também pode provocar desconforto localizado, devido a possíveis existências de correntes de ar (ISO 7730, 2005).

A velocidade do ar está diretamente ligada ao movimento do ar num edifício e este é identificado como um parâmetro de conforto tendo como componentes a deslocação do ar por convecção e por ventilação. A ASHRAE recomenda que a circulação média de ar de uma zona ocupada, para o período de inverno, não exceda os  $0,15\text{ m/s}$  e, no verão, não exceda os  $0,25\text{ m/s}$  (Esteves, 2012).

### 3.3.3 Parâmetros Subjetivos

Além de todos os parâmetros físicos e individuais já referidos, vários estudos realizados nas últimas décadas mencionam a necessidade de considerar também os aspetos subjetivos, como fatores que influenciam as condições de conforto térmico considerando-se mesmo que a perceção de conforto térmico depende das “oportunidades adaptativas” existentes. Essas “oportunidades adaptativas” podem ser separadas em três categorias diferentes: físicas, fisiológicas e psicológicas:

- Adaptação física: envolve qualquer ação tomada com vista a manter o conforto térmico, como por exemplo mudanças relativas ao espaço (abertura de janelas) ou à própria pessoa (alteração do vestuário ou consumo de bebidas quentes ou frias);

- Adaptação fisiológica: é representada pela capacidade do organismo em responder a mudanças térmicas ajustando-se fenotipicamente a elas, sendo este processo normalmente designado por aclimatização;

- Adaptação psicológica: engloba qualquer alteração da percepção e/ou expectativa de um dado ambiente térmico por parte de uma pessoa. Advém do facto de cada pessoa ter a sua própria cultura, os seus próprios hábitos e as suas próprias experiências. Estas formas de controlo adaptativo permitem a um indivíduo regular o seu balanço térmico com o ambiente envolvente, garantindo para si um papel mais ativo na obtenção de condições de conforto térmico.

### 3.4 Equação do conforto térmico

A equação do balanço térmico descreve os efeitos do corpo humano em relação ao ambiente que o rodeia. Na Equação 1 são considerados todos os parâmetros ambientais, as medidas do corpo humano e as características de comportamento como a atividade e o vestuário, traduzindo-se conforme proposto por Fanger (Fanger, 1970).

$$S = M_c - W \pm R \pm C \pm K - E \pm R_{es} \quad (1)$$

Em que:

$S$  = Taxa total de calor armazenada no corpo

$M_c$  = Taxa metabólica de produção de calor

$W$  = Energia correspondente ao trabalho mecânico realizado

$R$  = Trocas por radiação com o ambiente

$C$  = Trocas por convecção com camadas de ar

$K$  = Trocas por condução através do vestuário

$E$  = Perdas de calor por evaporação

$R_{es}$  = Trocas de calor convecção

Uma análise a esta equação revela que a temperatura das superfícies da divisão onde uma pessoa se encontra tem uma grande influência na sua sensação térmica. Ou seja, uma alteração 1°C na temperatura dessas mesmas superfícies pode equivaler a uma mudança de 1°C na temperatura do ar.

A Figura 3 sintetiza os processos de dissipação do calor produzido pelo corpo humano.



Figura 3- Equilíbrio térmico (Rocha, 2013).

## 3.5 Modelo de conforto térmico

### 3.5.1 Abordagem analítica versus abordagem adaptativa

Os modelos de avaliação do conforto térmico possuem duas abordagens distintas:

- A abordagem analítica é caracterizada pela obtenção de resultados experimentais em câmaras climáticas, onde são ajustados os parâmetros ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura média radiante e humidade do ar) e se procede, depois, ao registo das sensações térmicas experimentadas pelos ocupantes quando sujeitos, no seu interior, a diferentes combinações dos parâmetros ambientais. A análise da equação de balanço térmico do organismo estabelece-se em regime estacionário;

- A abordagem adaptativa é caracterizada pela obtenção de resultados em pesquisas de campo onde os parâmetros ambientais são medidas diretamente nos ambientes reais em que as pessoas desenvolvem as suas atividades e se procede à recolha das sensações térmicas dos ocupantes. A análise da equação de balanço térmico do organismo estabelece-se em regime dinâmico, considerando que os ocupantes podem interagir física e psicologicamente com o ambiente térmico que o rodeia.

A principal diferença entre ambas as abordagens reside no facto de na abordagem adaptativa, o ocupante desempenhar um papel decisivo na criação do seu próprio ambiente térmico, interagindo com o meio envolvente, modificando comportamentos e revendo hábitos, e adaptando as suas expectativas às condições ambientais existentes. A percepção térmica do ocupante é influenciada, para além dos fatores relacionados com o balanço térmico do corpo humano pelos parâmetros climáticos, por condicionamentos sociais, considerações sociais e outros fatores de contexto (Brager, G e Dear, R, 1998).

A abordagem adaptativa preconiza que a obtenção das condições de conforto térmico resulta de um processo dinâmico, no qual o utilizador mantém uma interação física e psicológica com o ambiente, quer através da interação com o edifício e os seus sistemas, quer devido aos seus hábitos sociais e culturais (Matias, 2010)

Optou-se, na Tese, pela utilização de uma abordagem adaptativa do conforto térmico. Nos edifícios da SCMCB, o papel do utente na interação com o meio ambiente é decisivo para a obtenção do conforto térmico, seja por exemplo, pela abertura de janelas, no verão, ou pela colocação de uma peça adicional de vestuário, no inverno.

### 3.5.2 Índices de conforto térmico

Com a finalidade de avaliar a perceção térmica, foram criados índices de conforto térmico sendo estes o PMV (Predicted Mean Vote – voto previsto médio) e o PDD (Predicted Percentage of Dissatisfied – percentagem previsível de insatisfeitos) (Oliveira et al..., 2010).

A partir da equação do balanço térmico para o corpo humano, foi elaborado o índice de PMV que prevê o valor médio relativamente ao voto dado por um grande grupo de pessoas em termos de sensação térmica.

Várias pessoas que se encontram no mesmo espaço com vestuário e atividades diferentes terão uma diferença de sensação do ambiente térmico envolvente, votando segundo uma escala de setes níveis, ou seja, a escala de ASHRAE (Tabela 5). Essa escala é simétrica em relação ao ponto zero, que corresponde ao conforto térmico e apresenta valores positivos de 1 a 3, que corresponde às sensações de calor, e valores negativos de -1 a -3, que corresponde às sensações de frio

Tabela 5 - Escala de ASHRAE (fonte Fanger 1970).

| Sensação            | Escala |
|---------------------|--------|
| Muito quente        | +3     |
| Quente              | +2     |
| Ligeiramente quente | +1     |
| Nem frio nem quente | 0      |
| Ligeiramente frio   | -1     |
| Frio                | -2     |
| Muito Frio          | -3     |

A partir da norma internacional ISO 7730, utilizada desde 1980, para estimar a temperatura ótima de conforto, é utilizado o gráfico apresentado na Figura 4, com a temperatura ótima para condições específicas de atividade metabólica e isolamento do vestuário.

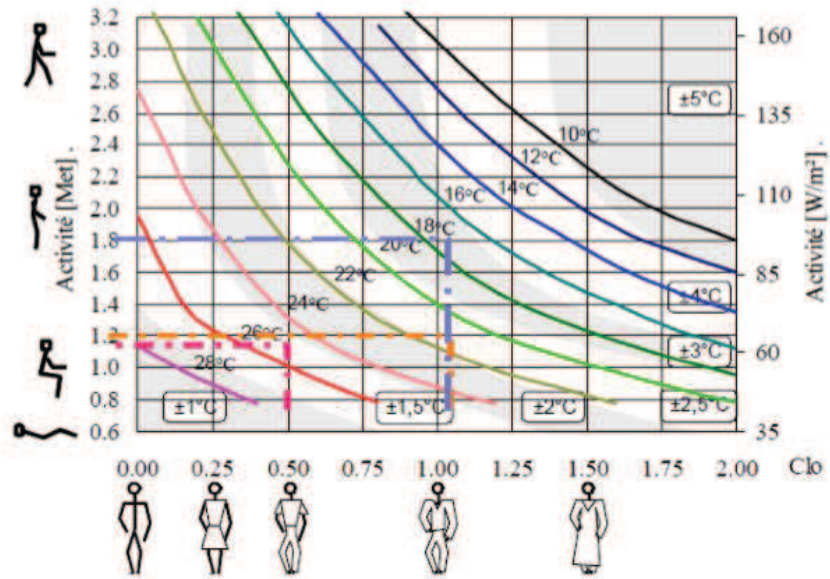


Figura 4 – Diagrama de temperatura de conforto ideal (Esteves, 2012).

Uma vez que, os indivíduos são diferentes, é impossível conceber um ambiente que seja considerado termicamente agradável para todos, existindo sempre uma percentagem de pessoas insatisfeitas.

O índice PPD estabelece uma previsão quantitativa de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente. Este se baseia na percentagem de um grande grupo de pessoas que gostaria que o ambiente estivesse mais quente ou frio votando +3, +2 ou -3, -2, na escala de sensação térmica.

Conhecido o valor de PMV, é possível determinar o índice PPD através da Equação 2 (ISO 7730,2005).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2)} \quad (2)$$

A norma internacional ISO 7730, 2005, especifica que um ambiente é aceitável relativamente ao conforto térmico se  $PPD < 10\%$ , o que corresponde ao um índice de PMV que varia dentro do intervalo  $(-0,5; +0,5)$  como se pode observar na Figura 5.

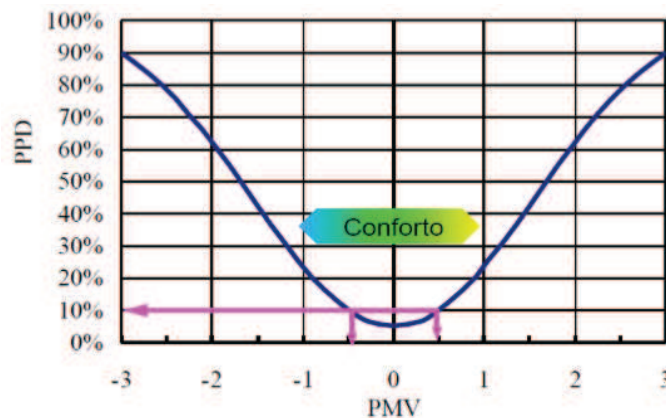


Figura 5 – Relação entre índice PMV e índice PPD (Esteves, 2012).

A percentagem mínima esperada de insatisfeitos, mesmo em um ambiente com sensação térmica neutra ( $PMV=0$ ), é de 5%.

A curva é simétrica em relação ao ponto de neutralidade,  $PMV=0$ , e pode-se esperar uma percentagem igual de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico estudado em relação às sensações de frio e calor.

## 4. Caso de estudo

### 4.1 Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco

As Santas Casas da Misericórdia foram fundadas no século XV, sob a égide da Rainha D. Leonor, viúva de Dom João II, com uma função predominantemente assistencial. Para a fundação da Santa Casa da Misericórdia de Lisboa, a rainha contou com o apoio de D. Jorge Nuno da Costa, o cardeal de Alpedrinha (1406-1509). Constituindo uma realidade única em Portugal, estas instituições estenderam-se rapidamente a todo o território nacional e ganharam um imenso potencial económico (SCMCB, 2015).

A Santa Casa da Misericórdia de Castelo Branco é uma irmandade que tem como objetivo satisfazer as carências sociais e praticar atos de culto católico, de harmonia tradicional, informados pelos princípios da doutrina e moral cristã. Esta instituição remonta a sua fundação, em 1514, sendo o seu fundador, o venerável Bartolomeu da Costa. Com o legado de Bartolomeu da Costa, a Santa Casa pode efetuar, durante quase cinco séculos, no seu hospital, uma ação inestimável em prol dos doentes, que só terminou com a inauguração do Hospital Amato Lusitano em 1 de Maio de 1977, passando então a dedicar-se exclusivamente ao apoio de crianças, jovens e idosos necessitados (SCMCB, 2015).

A sede da SCMCB possui um conjunto edificado formado por 10 edifícios, sendo 9 dos edifícios utilizados como lar de idosos e 1 edifício utilizado como creche e Centro de Medicina Física e Reabilitação. Para facilidade de identificação os edifícios na sede, passaram a designar-se por Pavilhões devidamente identificados por letras.



Figura 6 - Localização dos edifícios na sede da SCMCB.

#### 4.1.1 Dados Climáticos de Castelo Branco

O zonamento climático do País baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível II, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei nº68/2008 de 14 de abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei nº 85/2009, de 3 de abril e pela Lei nº. 21/2010 de 23 de agosto (Desp Ext 15793F, 2013).

Os edifícios da SCMCB encontram-se no distrito de Castelo Branco, que está inserido na zona da NUTS III da Beira Interior Sul (BIS) de acordo com o Despacho n.º15793-F/2013 (Desp Ext 15793F, 2013).

A Tabela 6, indica os valores de referência e parâmetros para ajustes de acordo com a altitude para a estação de aquecimento da zona BIS.

Tabela 6 - Valores de ref. e parâmetros para ajustes em altitude para a estação aquecimento (Despacho nº15793-F/2013).

| NUTS III | z referência (m) | M            |            | GD        |           | $\theta_{ext,i}$ |           | $G_{sul}$ (kWh/m <sup>2</sup> por mês) |
|----------|------------------|--------------|------------|-----------|-----------|------------------|-----------|--|
|          |                  | ref. (meses) | a (mês/km) | ref. (°C) | a (°C/km) | ref. (°C)        | a (°C/km) |  |
| BIS      | 328              | 5,4          | 1          | 1274      | 1800      | 9,1              | -6        | 140                                    |

Em que:

$z$  = altitude de referência (m);

$GD$  = número de graus-dias, na base de 18°C, corresponde à estação convencional de aquecimento;

$M$  = duração da estação de aquecimento;

$\theta_{ext,i}$  = temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento;

$G_{sul}$  = energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, (kWh/m<sup>2</sup>.mês).

No zonamento climático estabelecido no Despacho nº 15793-F/2013, o país encontra-se dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e de Verão (V1, V2 e V3). As referidas zonas climáticas correspondem a locais com estações do ano mais ou menos severas, em que as temperaturas atingem picos de calor ou frio, sendo importante a sua diferenciação de modo a estabelecer limites de energia necessária para aquecer ou arrefecer um determinado edifício.

Na Tabela 7 são indicados os valores de referência e parâmetros para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento da zona BIS.

Tabela 7 - Valores de ref. e parâmetros para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento da zona BIS.

| NUTS<br>III | z ref.<br>m | $\theta_{ext,v}$ |            | $I_{sol}$   |          |           |          |           |          |           |          |           |
|-------------|-------------|------------------|------------|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|             |             | ref.<br>°C       | a<br>°c/km | kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro |          |           |          |           |          |           |          |           |
|             |             |                  |            | 0°  | 90°<br>N | 90°<br>NE | 90°<br>E | 90°<br>SE | 90°<br>S | 90°<br>SW | 90°<br>W | 90°<br>NW |
| BIS         | 328         | 25,3             | -7         | 830   | 220      | 360       | 500      | 495       | 420      | 495       | 500      | 360       |

Em que:

$z$  = altitude de referência (m);

$\theta_{ext,v}$  = temperatura exterior média, (°C);

$I_{sol}$  = energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, (kWh/m<sup>2</sup>).

Como referido anteriormente, os edifícios da SCMB situam-se em Castelo Branco, sendo a zona climática de inverno definida a partir do número de graus-dias (GD) na base 18°C, que assume um valor de 1274 °C, corresponde à zona climática de inverno I1, conforme a Figura 7 a), com uma duração de aquecimento de 5,4 meses.

No que diz respeito ao verão, a zona climática é definida a partir da temperatura média exterior corresponde à estação convencional de arrefecimento ( $\theta_{ext,i}$ ), a qual apresenta um valor de 25,2°C que corresponde à zona climática de verão V3, conforme a Figura 7 b).

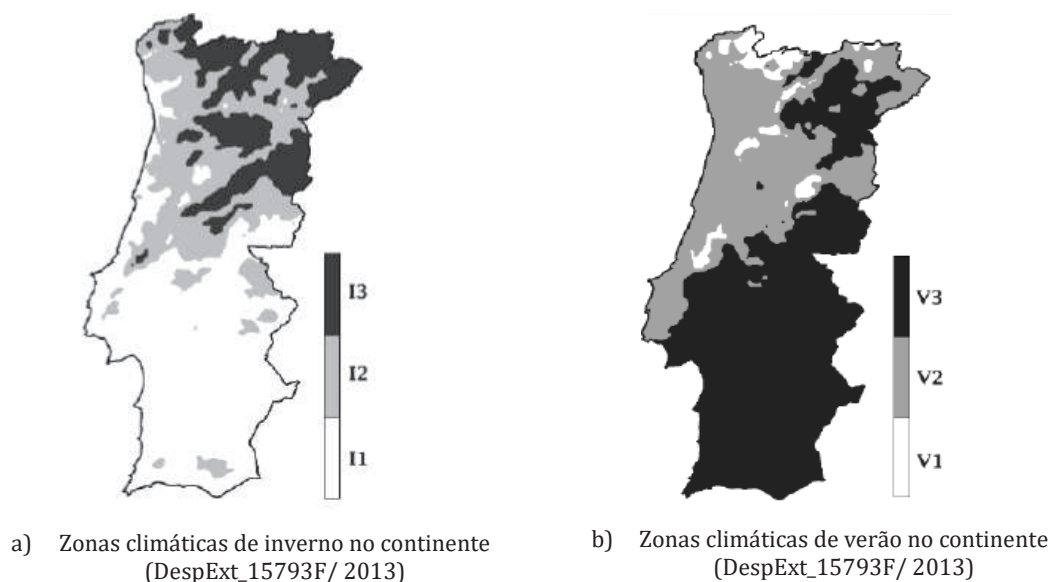


Figura 7 - Zonas climáticas de Portugal.

## 4.1.2 Caracterização das soluções construtivas

### 4.1.2.1 Introdução

As soluções construtivas dos edifícios em estudo são baseadas no levantamento visual, fotográfico, registos bibliográficos e ensaios realizados.

Ao realizar este levantamento foi identificada houve alguma dificuldade na caracterização, devido à inexistência de informação documentada, nomeadamente memórias descritivas e justificativas dos projetos.

Para realizar a caracterização construtiva de cada um dos edifícios em estudo, baseou-se nos ficheiros de desenhos em planta em formato CAD, existentes na SCMCB. Nos Pavilhões A, C, E e F foram realizados ensaios “*in situ*” destrutivos. No Pavilhão A realizou-se um ensaio destrutivo para identificar a espessura de revestimento que envolve a pedra granítica e para os restantes pavilhões efetuou-se o “ensaio de carotes”.

O “ensaio de carotes” consiste em retirar uma amostra cilíndrica, a carote, do elemento construtivo em análise. Este ensaio é parcialmente destrutivo uma vez que, para extrair a carote é necessário provocar um pequeno dano no elemento a analisar, obrigando à sua reparação. A máquina para efetuar a carotagem é a caroteadora que é um equipamento eletromecânico utilizado para os cortes circulares no material através de uma broca (ferramenta diamantada de corte), neste caso com um diâmetro de 50mm que é utilizada para a execução de cortes.

### 4.1.2.2 Evolução das soluções construtivas

Ao logo dos tempos, o homem foi-se adaptando aos recursos existentes de cada época e de acordo com as suas tradições. As mudanças climáticas e desastres naturais, obrigaram o homem a aplicar novas técnicas e novos materiais nas construções pelo mundo fora. Os materiais para a construção tornaram-se assim mais adaptáveis às aplicações de hoje em dia e mais duráveis com o tempo.

Assim sendo, é possível estabelecer uma divisão ao nível das tipologias construtivas, de acordo com as suas características e época de construção em que estão inseridas.

Os edifícios em Portugal podem ser classificados segundo as soluções construtivas e o período histórico, dividindo-se em (LNEC, 2005):

- I. Edifícios com estrutura de alvenaria de pedra (anteriores 1930);
- II. Edifícios com estrutura mista de alvenaria de pedra e betão (1930 a 1940);
- III. Edifícios com estrutura mista de betão e alvenaria tijolo (1940 a 1960);
- IV. Edifícios recentes com estrutura de betão armado (> 1960).

### 4.1.2.3 Pavilhão A

O edifício (ver Figura 8) foi construído em 1526 e sofreu grandes remodelações em 1984.



Figura 8 – Imagem do exterior Pavilhão A

O pavilhão é composto por 3 pisos. No piso 0 encontra-se o Gabinete destinado à Higiene e Segurança no Trabalho e uma Sala do Serviço de Apoio Domiciliário. O piso 1 está dividido por gabinetes: o da Provedoria, uma Sala de Reuniões da Mesa Administrativa, o Gabinete de Secretariado da Provedoria, a Secretaria Geral e Património, o Departamento de Recursos Humanos, o Departamento Financeiro, a Sala de Informática, o Gabinete de Nutrição, o Museu de Arte Sacra “Domingos dos Santos Pio” e a Sacristia da Igreja da Graça. Por fim, no piso 2 encontra-se o lar de idosos, sendo composto por quartos duplos para 28 camas e duas suítes, uma sala de convívio, o refeitório, a copa e o Salão Nobre.

➤ Ensaio usado para determinar a espessura de um elemento construtivo

Neste pavilhão a espessura total da solução construtiva das paredes exteriores é de 0,75m. No entanto, não se conhecem as espessuras de cada elemento construtivo do edifício. Desta forma, optou-se por realizar um ensaio “*in situ*” destrutivo para identificar a espessura de revestimento que envolve a pedra granítica.

O ensaio foi realizado no corredor que dá acesso à sala da Mesa Administrativa e aos Claustros. Este ensaio consistiu em fazer um pequeno furo, com o berbequim, na solução construtiva (ver Figura 9) para perfurar o revestimento até encontrar a pedra granítica. Após retirar a broca da parede é medido o nível da broca que penetrou na argamassa, sendo, este limite corresponde à espessura de argamassa.



Figura 9 – Verificação da espessura do revestimento,

A Tabela 8 apresentada o resumo das soluções construtivas da envolvente do Pavilhão A.

Tabela 8 - Caracterização construtiva do Pavilhão A.

| Caraterização construtiva |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Pavimento                 |   | Pavimento de soalho em madeira.  |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em madeira, com vidro simples incolor de 3mm, com quadriculas e com proteções interiores de portadas de madeiras.                            |
| Cobertura                 |  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Estruturalmente constituída por laje aligeirada de vigotas de betão e abobadilha cerâmica com 0,25m de espessura. |

A Tabela 9, apresenta o cálculo do coeficiente de transmissão térmica, U, das paredes exteriores, tendo sido obtido de acordo com o ponto 2, nos termos do despacho nº15793-K/2013 (Desp Ext 15793K, 2013) e de acordo com o esquema da solução construtiva das paredes exteriores. Os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Tabela 9 - Constituição e determinação do U, da parede exterior do Pavilhão A.

| EXT  | INT | Parede exterior                  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica ,Rj, ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|--|-----|----------------------------------|---------------|--|--|-------|
|  |     |                                  |               |  |  |       |
|  |     | $R_{se}$                         | ---           | ---                                    | 0,04   |       |
|  | ①   | 1-Argamassa (reboco tradicional) | 0,04          | 1,3                                    | 0,031  | ITE50 |
|  | ②   | 2-Alvenaria pedra granítica      | 0,67          | 2,80                                   | 0,239  |       |
|  | ③   | 3-Argamassa (reboco tradicional) | 0,04          | 1,3                                    | 0,031  |       |
|  |     | $R_{si}$                         | ---           | ---                                    | 0,13   |       |
| Espessura total : 0,75m  |     |                                  |               |  |  |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=2,123 W/m^2 \cdot ^\circ C$ |     |                                  |               |  |  |       |

#### 4.1.2.4 Pavilhão B




O pavilhão B, (figura 10), conhecido atualmente como, edifício Ruivo Godinho foi construído em 1932, tendo sofrido remodelações nos anos 1985 e 1989.



Figura 10 – Imagem exterior do Pavilhão B.

Este pavilhão tem uma capacidade para 23 camas e é dotado de uma Sala de Convívio, Refeitório, Copa, Sala de Pessoal e Instalações Sanitárias. Na Tabela 10 é possível observar as soluções construtivas existentes no edifício em análise.

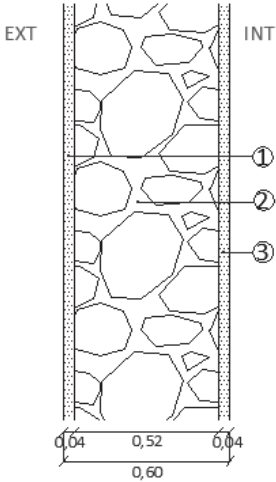
Tabela 10 – Caracterização construtiva do Pavilhão B

| Caraterização construtiva |  |   |
|---------------------------|--|---|
| Pavimento                 |   | Pavimento com revestimento em linóleo e de ladrilho cerâmico.   |
| Vão envidraçado           |   | Constituído por caixilharia em madeira, com vidro simples incolor de 3mm, sem quadriculas. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 |  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Constituída por uma estrutura em madeira de ripas e varas na qual as telhas assentem.                        |

A Tabela 11, apresenta o cálculo do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, esquema da solução construtiva e os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50.

Tabela 11 - Constituição e determinação do U da parede exterior do pavilhão B.

| EXT | INT | Parede exterior  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica $R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|-----|-----|--|---------------|--|---|-------|
|     |     |  |               |  |   |       |
|     |     |  | ---           | ---                                    | 0,04  |       |
|     |     | 1-Argamassa (reboco tradicional)                                   | 0,04          | 1,3                                    | 0,031   | ITE50 |
|     |     | 2-Alvenaria pedra granítica  | 0,52          | 2,80                                   | 0,186   |       |
|     |     | 3-Argamassa reboco tradicional <sup>e</sup>                        | 0,04          | 1,3                                    | 0,031   |       |
|     |     |  | ---           | ---                                    | 0,13  |       |
|     |     | Espessura total : 0,60m  |               |  |   |       |
|     |     | Coeficiente de transmissão térmica: $U=2,5 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |               |  |   |       |



#### 4.1.2.5 Pavilhão C

O Pavilhão C, (Figura 11) foi construído no ano de 1950 e sofreu grandes remodelações em 1991.



Figura 11 – Imagem exterior do Pavilhão C.

O seu interior é composto por quartos individuais, duplos e nove suítes, com capacidade para 25 camas, contém uma Sala de Convívio, um Refeitório, uma Copa e uma Sala de Pessoal.

➤ Extração de carotes para determinação das características dos elementos construtivos

Considerando a necessidade de conhecer as características dos elementos construtivos das paredes exteriores do edifício, foi realizado um ensaio destrutivo, que consistiu na retirada da amostra do elemento da parede exterior em forma de carote.

O ensaio foi realizado numa arrecadação que se encontra por baixo das escadas interiores do edifício, sendo este local escolhido para não incomodar os utentes, uma vez que o ensaio é ruidoso e liberta partículas de pó durante a sua execução.

Antes de iniciar a extração da carote foi necessário fixar a caroteadora de modo que esta ficasse segura. Seguidamente, foi realizado o furo em corte, como podemos observar na Figura 12.



Figura 12 – Execução do furo em corte pela caroteadora.

Extraída a carote (Figura 13) no elemento construtivo procedeu-se à sua caracterização. Identificou-se que, as paredes são constituídas por paredes duplas de alvenaria de tijolo furado  $30 \times 20 \times 11 + 30 \times 20 \times 11$ , sem caixa de ar no interior, rebocadas no exterior e com estuque no interior, sendo que ambas as faces se encontram pintadas de cor branca. A espessura das paredes exterior é de 0,27m.



Figura 13 - Caracterização dos elementos construtivos.

A Tabela 12 apresenta uma síntese dos dados de caracterização construtiva relacionados com o Pavilhão C.

Tabela 12 - Caracterização construtiva do pavilhão C

| Caraterização construtiva |   |   |
|---------------------------|---|---|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento em ladrilho cerâmico.  |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em madeira, com vidro simples incolor de 3mm, sem quadriculas. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 | Não regista fotograficamente  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Constituída por uma estrutura em madeira de ripas e varas na qual as telhas assentem.                        |

A Tabela 13, expõe os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50, apresentando ainda o esquema da constituição da parede exterior.

Tabela 13 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão C

| EXT  | INT | Parede exterior                  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica $R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|--|-----|----------------------------------|---------------|--|---|-------|
|  |     |                                  |               |  |   |       |
|  |     | $R_{se}$                         | ---           | ---                                    | 0,04  |       |
|  |     | 1-Argamassa (reboco tradicional) | 0,02          | 1,3                                    | 0,015   | ITE50 |
|  |     | 2-Tijolo furado de 11            | 0,11          | ---                                    | 0,290   |       |
|  |     | 3-Tijolo furado de 11            | 0,11          | ---                                    | 0,290   |       |
|  |     | 4-Argamassa e reboco tradicional | 0,02          | 1,3                                    | 0,015   |       |
|  |     | $R_{si}$                         | ---           | ---                                    | 0,13  |       |
| Espessura total : 0,27m  |     |                                  |               |  |   |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=0,915 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |     |                                  |               |  |   |       |

#### 4.1.2.6 Pavilhão E

Este edifício (Figura 14) foi comprado pela SCM CB em 1985 e remodelado para funcionar como estrutura residencial para pessoas idosas.



Figura 14 – Imagem exterior do Pavilhão E.

O pavilhão tem 3 pisos. Tendo uma capacidade para 17 camas que estão distribuídas por quartos duplos e 8 suítes. Dispõe de Sala de Convívio, Sala do Pessoal, Refeitório e Copa, embora, de momento, estas duas divisões encontram-se desativadas.

➤ Extração de carotes para determinação das características dos elementos construtivos

No sentido de conhecer as características dos elementos construtivos da envolvente exterior do edifício, foi executado “o ensaio de carotes”. O ensaio foi elaborado numa parede da Sala do Pessoal, localizada no rés-do-chão deste edifício.

Primeiramente, foi fixada a caroteadora à parede e para se seguir à extração do carote (Figura 15) do elemento construtivo. Através da análise da amostra retirada, foi possível identificar que se trata de uma parede dupla de alvenaria de tijolo furado de 30×20×19+30×20×15, sem caixa-de-ar e argamassada em ambos os lados com 0,02m e 0,03m.



a) Extrato do elemento construtivo.





b) Elemento construtivo.

Figura 15 – Identificação do elemento construtivo.

A Tabela 14 apresenta o resumo das soluções construtivas existentes no pavilhão em análise.

Tabela 14 - Caracterização construtiva do Pavilhão E

| Caraterização construtiva |   |   |
|---------------------------|---|---|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento de ladrilho cerâmico.  |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em alumínio, com vidro simples incolor de 4mm, sem quadriculas. Existe também janelas de caixilharia em PVC, com vidro duplo incolor de 4mm e caixa de ar de 10mm. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 | Não registada fotograficamente  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Constituída por uma estrutura em madeira de ripas e varas na qual as telhas assentem.  |

A Tabela 15, apresenta os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50, além de apresentar o esquema da constituição da parede exterior.

Tabela 15 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão E.

|   |                                | Parede exterior | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica, $R_j$ , ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref. |
|---|--------------------------------|-----------------|---------------|--|--|------|
|   |                                | $R_{se}$        | ---           | ---                                    | 0,04   |      |
|   | 1-Argamassa reboco tradicional | 0,03            | 1,3           | 0,023                                  | ITE50  |      |
|   | 2-Tijolo furado de 22          | 0,22            | ---           | 0,580                                  |  |      |
|   | 3-Tijolo furado de 15          | 0,15            | ---           | 0,390                                  |  |      |
|   | 4-Argamassa reboco tradicional | 0,02            | 1,3           | 0,015                                  |  |      |
|   |                                | $R_{si}$        | ---           | ---                                    | 0,13   |      |
| Espessura total : 0,49m   |                                |                 |               |  |  |      |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=0,85 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |                                |                 |               |  |  |      |

#### 4.1.2.7 Pavilhão F

Este edifício (Figura 16) foi construído de raiz, tendo sido inaugurado em 1988. Anteriormente, naquele local, encontrava-se o edifício de cirurgia do hospital desde 1932.



Figura 16 – Imagem exterior do Pavilhão F.

Este pavilhão tem 4 pisos. No piso 1 possui a despensa do dia e as câmaras frigoríficas, o Vestiário dos funcionários, a Sala para os funcionários da cozinha, Cozinha, Ginásio, a Sala de motoristas e a Sala de convívio polivalente. No piso 2 existe

um Refeitório e a Copa para os residentes do lar e para os utentes do centro de dia, o Refeitório para os funcionários, a Recepção, Central telefónica, o Serviço social, as Instalações sanitárias para homens e mulheres, o Gabinete da Diretora Técnica de estabelecimento, um Salão de cabeleireira, o Vestiário dos funcionários e os quartos com capacidade para 12 camas. Os pisos 3 e 4 existe a sala de convívio, refeitório, copa, sala para funcionários e os quartos, com capacidade para 97 camas.

➤ Extração de carotes para determinação das características dos elementos construtivos

Para saber as características dos elementos construtivos da envolvente exterior do edifício, foi realizado “o ensaio de carotes”. O ensaio foi elaborado numa parede do átrio de entrada do piso 1.

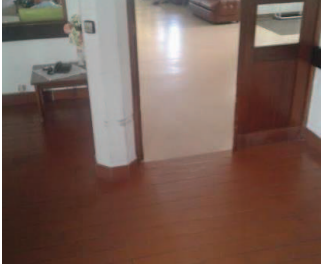

Começou-se por fixar a carotadora à parede, e deu-se início ao corte de furo, como se observa na Figura 17.



Figura 17 – Execução do furo de corte pela carotadora.

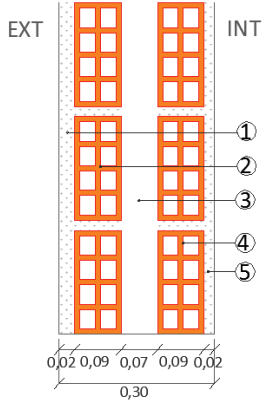
Extraída a carote do elemento construtivo analisou-se o furo da parede, a amostra da carote partiu-se quando foi retirada da coroa. Através do furo da parede, verificou-se que, se trata de uma parede dupla de alvenaria de tijolo furado de  $30 \times 20 \times 9 + 30 \times 20 \times 9$ , com caixa-de-ar de 7mm e argamassa de ambos os lados com 0,02 m e 0,03m. Na Tabela 16 é possível observar as soluções construtivas existentes no pavilhão F.

Tabela 16 - Caracterização construtiva do Pavilhão F.

| Caraterização construtiva |   |   |
|---------------------------|---|---|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento em linóleo e de ladrilho cerâmico.   |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em alumínio, com vidro simples incolor de 4mm, sem quadrículas. Existe também janelas de caixilharia em PVC, com vidro duplo incolor de 4mm e caixa-de-ar de 10mm. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 | Não registada fotograficamente  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Estruturalmente constituída por laje aligeirada.   |

Os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior são apresentados na Tabela 17, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50 e apresenta o esquema da constituição da parede exterior.

Tabela 17 - Constituição e determinação do U da parede exterior do pavilhão F.

|  | Parede exterior                | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica ,Rj, ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|---|--------------------------------|---------------|--|--|-------|
|   |                                | $R_{se}$      | ---                                    | ---  | 0,04  |
|   | 1-Argamassa reboco tradicional | 0,03          | 1,3                                    | 0,023  | ITE50 |
|   | 2-Tijolo furado de 9           | 0,09          | ---                                    | 0,27   |       |
|   | 3-Caixa-de-ar                  | 0,07          | ---                                    | 0,18   |       |
|   | 4-Tijolo furado 9              | 0,02          | 1,3                                    | 0,27   |       |
|   | 5-Argamassa reboco tradicional | 0,02          | 1,3                                    | 0,015  |       |
|   | $R_{si}$                       | ---           | ---                                    | 0,13   |       |
| Espessura total : 0,30m   |                                |               |  |  |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=1,078 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$                |                                |               |  |  |       |

#### 4.1.2.8 Pavilhão G

Inaugurado em 2000, este é um edifício de apoio (Figura 18). Construído no sítio onde se encontrava o posto de transformação de eletricidade e a Casa do Caseiro.

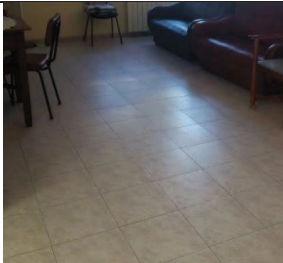
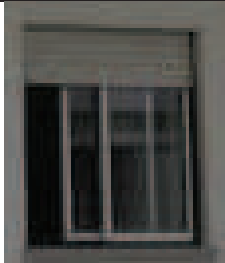



Figura 18 – Imagem do Pavilhão G.

As instalações estão distribuídas por quatro pisos. O piso 0 dispõe de Sala de Costura, Arrecadação e o Arquivo. No piso 1 funciona o Serviço de Obras e Animação Sociocultural, Sala de Apoio e Barbearia, Gabinete de apoio do Serviço Social e duas Instalações Sanitárias. No piso 2 encontram-se três quartos, sala de convívio e. No piso 3 estão instalados os Serviços de Saúde dos utentes (Gabinete Médico e Serviço de Enfermagem).

Uma vez que o ano de construção do edifício, nos anos 90, corresponde ao mesmo ano do Pavilhão F, admitiu-se que a caracterização da envolvente exterior é idêntica. A Tabela 18 apresenta os elementos construtivos considerados.

Tabela 18 - Caracterização construtiva do pavilhão G

| Caraterização construtiva |   |   |
|---------------------------|---|---|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento em linóleo e de ladrilho cerâmico.   |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em alumínio, com vidro simples incolor de 4mm, sem quadriculas. Existe também janelas de caixilharia em PVC, com vidro duplo incolor de 4mm e caixa de ar de 10mm. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Cobertura |  | A cobertura construída por painel sandwich. |
|-----------|---|---|

A Tabela 19, representa os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50 e apresenta o esquema da constituição da parede exterior.

Tabela 19 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão G.

| EXT  | INT | Parede exterior                  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica, $R_j$ ( $[m^2 \cdot ^\circ C/W]$ ) | Ref.  |
|--|-----|----------------------------------|---------------|--|--|-------|
|  |     |                                  |               |  |  |       |
|  |     | 1-Argamassa (reboco tradicional) | 0,03          | 1,3                                    | 0,023  | ITE50 |
|  |     | 2-Tijolo furado de 9             | 0,09          | ---                                    | 0,27   |       |
|  |     | 3-Caixa-de-ar                    | 0,07          | ---                                    | 0,18   |       |
|  |     | 4-Tijolo furado 9                | 0,02          | 1,3                                    | 0,27   |       |
|  |     | 5-Argamassa reboco tradicional   | 0,02          | 1,3                                    | 0,015  |       |
|  |     | $R_{si}$                         | ---           | ---                                    | 0,13   |       |
| Espessura total : 0,30m  |     |                                  |               |  |  |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=1,078 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |     |                                  |               |  |  |       |

#### 4.1.2.9 Pavilhão H




A Figura 19 apresenta a imagem do exterior do edifício. Este edifício foi inaugurado em 1986, este sofreu remodelações em 1994.



Figura 19 – Imagem exterior do Pavilhão H.

É constituído por três pisos, tem capacidade para 11 camas no rés-do-chão e 11 camas no 1º andar. Tem ainda oito quartos com casa de banho, uma sala de convívio e uma copa. Na cave funciona uma Lavandaria e um compartimento para o Museu Agrícola inaugurado em 2006, com a designação de “Museu Agrícola Coronel José Guardado Moreira”. No rés-do-chão está instalado o Museu de Arte Ultramarina, inaugurado em 2009 e uma Garagem de recolha de viaturas. A Tabela 20 apresenta os pormenores construtivos do edifício.

Tabela 20 - Caraterização construtiva do Pavilhão H.

| Caraterização construtiva |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento em linóleo e de ladrilho cerâmico.  |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em alumínio, com vidro simples incolor de 4mm, sem quadrículas. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 |  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Estruturalmente constituída por laje aligeirada em betão armado.  |

A Tabela 21, mostra os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50 e apresenta o esquema da constituição da parede exterior.

Tabela 21 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão H.

| EXT  | INT | Parede exterior                             | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica ,Rj, ( $[ m^2 \cdot ^\circ C/W)$ | Ref.  |
|--|-----|---|---------------|--|---|-------|
|  |     |   |               |  |   |       |
|  |     | $R_{se}$                                    | ---           | ---                                    | 0,04  |       |
|  |     | 1-Argamassa (reboco tradicional)            | 0,03          | 1,3                                    | 0,023   | ITE50 |
|  |     | 2-Tijolo furado de 9                        | 0,09          | ---                                    | 0,27  |       |
|  |     | 3-Caixa-de-ar                               | 0,07          | ---                                    | 0,18  |       |
|  |     | 4-Tijolo furado 9                           | 0,02          | 1,3                                    | 0,27  |       |
|  |     | 5-Argamassa reboco tradicional <sup>e</sup> | 0,02          | 1,3                                    | 0,015   |       |
|  |     | $R_{si}$                                    | ---           | ---                                    | 0,13  |       |
| Espessura total : 0,30m  |     |   |               |  |   |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=1,078 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |     |   |               |  |   |       |

#### 4.1.2.10 Pavilhão I

Foi o último edifício a ser construído neste complexo da SCMCB e foi inaugurado em 2008 (Figura 20).





Figura 20 – Imagem do Pavilhão I.

É constituído por três pisos. Na cave existe 2 quartos com 2 camas cada um, com casa de banho privada e sala de convívio, para emergência social, Oficinas, Sala de Pronto a Vestir, Arrecadações diversas e casa de banho independente. No rés-do-chão possui vários compartimentos de apoio à Cozinha, o Armazém n.º 1 e n.º 2, Salas de voluntariado, Instrumentos musicais, Formação do pessoal e ensino corrente. No 1º andar, com uma capacidade de 7 camas/utentes, possui 1 suíte e 6 quartos com casa de banho, refeitório, copa, sala de convívio para residentes e sala de pessoal.

Os pormenores construtivos deste pavilhão são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Caracterização construtiva do Pavilhão I.

| Caraterização construtiva |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Pavimento                 |  | Pavimento com revestimento em ladrilho cerâmico.   |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em PVC, com vidro duplo incolor de 4mm e caixa de ar de 10mm, sem quadriculas. As proteções são feitas pelo interior através de portadas em PVC. |
| Cobertura                 | Não regista fotograficamente  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Estruturalmente constituída por laje aligeirada em betão armado.  |

Os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50 e o esquema da constituição da parede exterior são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão I.

| EXT   | INT | Parede exterior                  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica ,Rj, ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|---|-----|----------------------------------|---------------|--|--|-------|
|   |     |                                  |               |  |  |       |
|   |     | 1-Argamassa reboco tradicional e | 0,015         | 1,3                                    | 0,012  | ITE50 |
|   |     | 2-Tijolo furado de 11            | 0,011         | ---                                    | 0,29   |       |
|   |     | 3-Caixa-de-ar                    | 0,02          | ---                                    | 0,18   |       |
|   |     | 4- XPS                           | 0,03          | 0,037                                  | 0,81   |       |
|   |     | 5-Tijolo furado 11               | 0,11          | ---                                    | 0,29   |       |
|   |     | 6-Argamassa reboco tradicional e | 0,015         | 1,3                                    | 0,012  |       |
|   |     | $R_{si}$                         | ---           | ---                                    | 0,13   |       |
| Espessura total : 0,30m   |     |                                  |               |  |  |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=0,57 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ |     |                                  |               |  |  |       |

#### 4.1.2.11 Pavilhão J


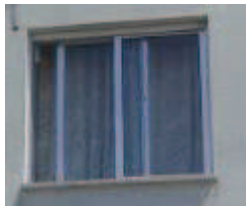

Este edifício (Figura 21) foi construído em 1989 e é composto por dois pisos.



Figura 21 – Imagem exterior do Pavilhão J.

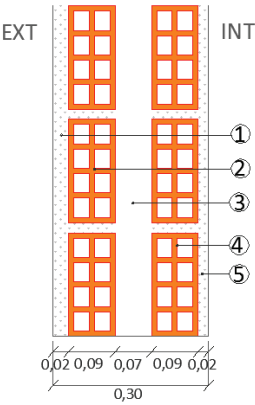
Tem uma capacidade para 12 camas, distribuídas por quartos simples e duplos, dispõe ainda de sala de convívio, refeitório, copa e casa de banho. A Tabela 24 apresenta um resumo das soluções construtivas verificadas.

Tabela 24 - Caracterização construtiva do Pavilhão J.

| Caraterização construtiva |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Pavimento                 |   | Pavimento com revestimento em ladrilho cerâmico.   |
| Vão envidraçado           |  | Constituído por caixilharia em alumínio, com vidro simples incolor de 4mm, sem quadrículas. As proteções são feitas pelo exterior por persianas de réguas plásticas. |
| Cobertura                 |  | A cobertura é inclinada e revestida de telha cerâmica. Estruturalmente constituída por vigotas e ripas de betão.   |

A Tabela 25, refere os cálculos do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, onde os coeficientes de condutibilidade térmica foram retirados do documento do ITE50 e mostra o esquema da constituição da parede exterior.

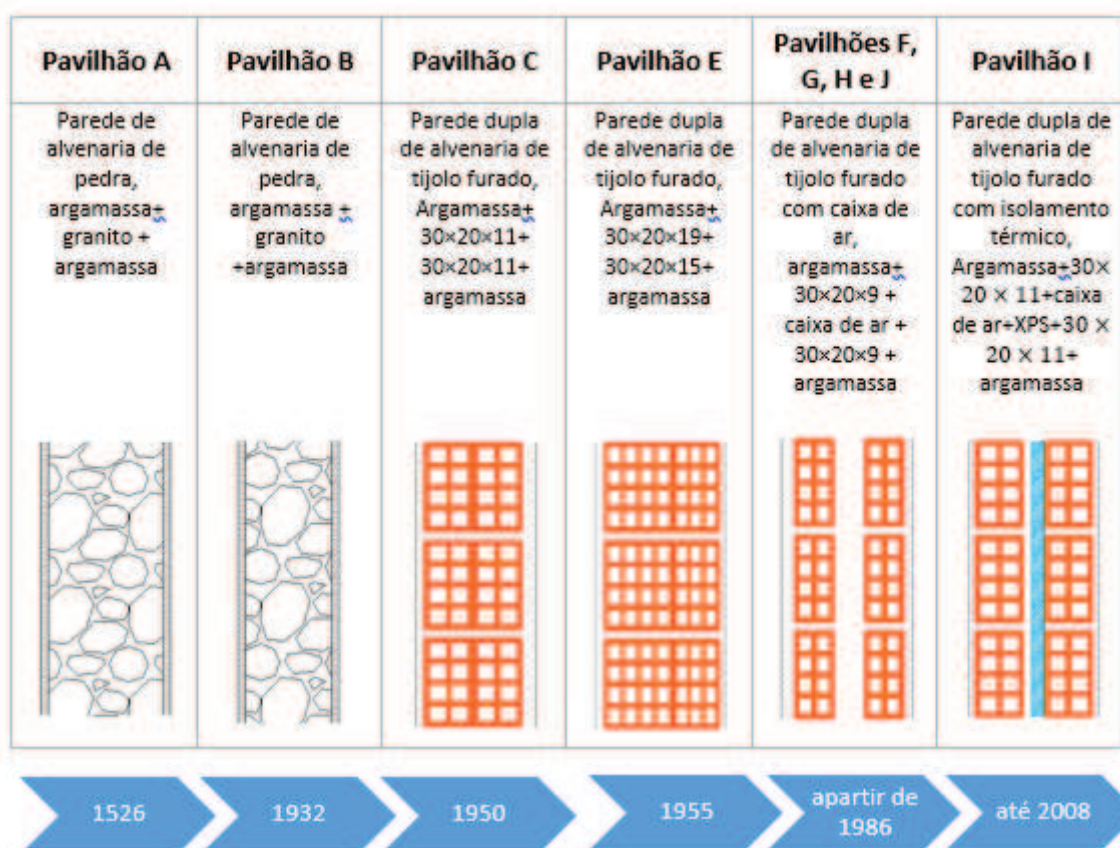
Tabela 25 - Constituição e determinação do U da parede exterior do Pavilhão J.

|  | Parede exterior                             | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ) | Res. Térmica $R_j$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) | Ref.  |
|---|---|---------------|--|---|-------|
|   |   | $R_{se}$      | ---                                    | ---   | 0,04  |
|   | 1-Argamassa (reboco tradicional)            | 0,03          | 1,3                                    | 0,023   | ITE50 |
|   | 2-Tijolo furado de 9                        | 0,09          | ---                                    | 0,27  |       |
|   | 3-Caixa-de-ar                               | 0,07          | ---                                    | 0,18  |       |
|   | 4-Tijolo furado 9                           | 0,02          | 1,3                                    | 0,27  |       |
|   | 5-Argamassa reboco tradicional <sup>e</sup> | 0,02          | 1,3                                    | 0,015   |       |
|   | $R_{si}$                                    | ---           | ---                                    | 0,13  |       |
| Espessura total : 0,30m   |   |               |  |   |       |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=1,078 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$              |   |               |  |   |       |

#### 4.1.2.12 Resumo das soluções construtivas de acordo com o ano de construção

As soluções construtivas adotadas num edifício influenciam diretamente no ambiente térmico nele existente. Deste modo, a caracterização dos elementos construtivos e o ano de construção de cada um dos edifícios estudados é importante para a justificação das análises de conforto obtidas. O Tabela 26, resume a caracterização das soluções construtivas identificadas em cada um dos edifícios estudados da SCMCB, assim como o seu ano de construção.

Tabela 26 – Evolução das soluções construtivas dos edifícios da SCMCB



## 4.2 Conforto térmico dos utentes

### 4.2.1 Metodologia utilizada

A análise do conforto térmico dos utentes foi realizada através da aplicação de um inquérito destinado a avaliar os vários espaços disponíveis considerando-se a sensação de conforto térmico avaliada de acordo com a escala da ASHRAE (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). Os referidos inquéritos foram aplicados aos utentes da sede da SCMB, nomeadamente dos edifícios utilizados como lares de idosos, e decorreu no período de abril (início do mês) a junho de 2016 (final do mês).

Antes de se proceder ao preenchimento dos inquéritos, foi realizado um pré-teste com cerca de 5 utentes, com o intuito aferir a necessidade de alterações ou correções. Assim sendo, foi redigida uma versão inicial com as questões pretendidas, de maneira provisória. Após a realização deste pré-teste verificou-se seria necessário alterar algumas questões, de forma a simplificara a sua perceção/compreensão, uma vez que o público-alvo são pessoas idosas com pouca escolaridade.

A estrutura global do inquérito encontra-se na Figura 22. O inquérito é composto por cinco grupos de perguntas para a recolha de informação:

- Primeiro grupo: tem como objetivo obter aos dados temporais e ambientais do exterior (data, hora, estado do tempo e temperatura exterior);

- Segundo grupo: foi elaborado com o intuito de obter a respetiva informação pessoal do inquirido (nome, sexo, idade, peso e altura);
- Terceiro grupo: tem o intuito de identificar a localização do utente no edifício (pavilhão da SCMCB e piso);
- Quarto grupo: composto por 11 questões, elaboradas com base na escala de ASHRAE e com o objetivo de caracterizar e avaliar a perceção térmica sobre cada divisão do edifício;
- Quinto grupo: pretendeu-se estimar as peças de vestuário utiliza das pelo utente com o intuito de calcular a resistência térmica do vestuário.

O inquérito é apresentado no Anexo I do presente documento.

| Inquérito aos Utentes Residentes da Santa Casa da Misericórdia               |                |                    |                     |                     |        |              |
|--|----------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------|--------------|
| <b>DIADOS GERAIS</b>   |                |                    |                     |                     |        |              |
| Data: _____  |                |                    | Hora: _____         |                     |        |              |
| Estado do dia: _____   |                |                    |                     |                     |        |              |
| Temperatura exterior: _____ °C   |                |                    |                     |                     |        |              |
| Temperatura interior: _____ °C   |                |                    |                     |                     |        |              |
| <b>INFORMAÇÃO PESSOAL</b>  |                |                    |                     | <b>LOCALIZAÇÃO</b>  |        |              |
| Nome _____   |                |                    |                     | Pavilhão _____      |        |              |
| Sexo: Masculino ( ) Feminino ( )   |                | Idade _____ anos   |                     | Divisão _____       |        |              |
| Peso _____ kg  |                | Altura _____       |                     | Piso _____          |        |              |
| <b>CONFORTO TÉRMICO</b>  |                |                    |                     |                     |        |              |
| 1. Na instituição, onde passa a maior parte do tempo?                        |                |                    |                     |                     |        |              |
| Sala de convívio ( )   |                | Quarto ( )         |                     | Outra _____         |        |              |
| 2. Em relação à sensação térmica, como se sente neste momento?               |                |                    |                     |                     |        |              |
| Divisão onde se encontra _____   |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 3. Em relação à sensação térmica, como se sente no quarto/ sala de convívio? |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 4. Em relação à sensação térmica, como se sente no refeitório?               |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 5. Em relação à sensação térmica, como se sente na casa de banho?            |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 6. Em relação à sensação térmica, como se sente no corredor?                 |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 7. Em relação à sensação térmica, como se sente nas escadas?                 |                |                    |                     |                     |        |              |
| Muito frio   | Frio           | ligeiramente frio  | Nem frio nem quente | ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |
| 8. Onde se sente normalmente na sala de convívio?                            |                |                    |                     |                     |        |              |
| No centro da sala  | Junto à janela | Junto a uma parede | Junto à porta       | Junto ao corredor   |        |              |
| ( )  | ( )            | ( )                | ( )                 | ( )                 |        |              |

a) Folha da frente do inquérito.

8.1. E como se sente, quando está aí sentado?

|            |      |                      |                        |                        |        |              |
|------------|------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------|
| Muito frio | Frio | Ligeiramente<br>frio | Nem frio nem<br>quente | Ligeiramente<br>quente | Quente | Muito quente |
| ( )        | ( )  | ( )                  | ( )                    | ( )                    | ( )    | ( )          |

9. Em que parte do corpo sente mais frio, quando está sentado? \_\_\_\_\_

10. Em relação ao ambiente térmico em geral, considere-se...

|            |      |                      |                        |                        |        |              |
|------------|------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------|
| Muito frio | Frio | Ligeiramente<br>frio | Nem frio nem<br>quente | Ligeiramente<br>quente | Quente | Muito quente |
| ( )        | ( )  | ( )                  | ( )                    | ( )                    | ( )    | ( )          |

**ASSINALE O QUE TEM VESTIDO**

|  |       |                                      |     |
|--|-------|--------------------------------------|-----|
| <b>Roupa interior:</b>                 |       | <b>Camisas/blusas</b>                |     |
| Camisola cavada                        | ( )   | Manga curta                          | ( ) |
| T-shirt                                | ( )   | Normal, manga comprida               | ( ) |
| Camisola interior de manga<br>comprida | ( )   | Camisa de flanela, manga<br>comprida | ( ) |
| <b>Calças</b>                          |       | <b>Vestidos/saias</b>                |     |
| Calção                                 | ( )   | Saias de verão (leves)               | ( ) |
| Normais                                | ( )   | Saias de inverno (pesadas)           | ( ) |
| Flanela                                | ( )   | Vestido de inverno                   | ( ) |
| <b>Camisolas</b>                       |       | <b>Casaco</b>                        |     |
| Colete                                 | ( )   | Casaco fino                          | ( ) |
| Malha fina                             | ( )   | Casaco meia estação                  | ( ) |
| Normal                                 | ( )   | Casaco malha grossa                  | ( ) |
| Malha grossa                           | ( )   |                                      |     |
| <b>Calçado</b>                         |       | <b>Diversos</b>                      |     |
| Sapatos                                | ( )   | Meias pelo tornozelo                 | ( ) |
| Botas                                  | ( )   | Meias calça                          | ( ) |
| <b>Outro:</b>                          | _____ |                                      |     |
|  | _____ |                                      |     |

b) Folha da trás do inquérito.

Figura 22 - Inquérito aplicado aos utentes.

#### 4.2.2 População alvo e amostragem

O presente estudo foi realizado por meio de uma caracterização de amostra, representada pelo número de utentes com a capacidade cognitiva necessária para responder aos inquéritos nos diversos edifícios do Lar de idosos da sede da SCMCB.

No Lar de idosos encontram-se dois perfis de utentes de acordo com a tipologia de frequência:

- Os utentes residentes, num total de 248 utentes;
- Os utentes do centro de dia, num total de 24 utentes, que permanecem na instituição no período das 9h00 às 16h30.

Na Tabela 27 são indicados os números do total de utentes por edifício da SCMCB, que frequentam o centro de dia, bem como dos residentes e a sua distribuição pelos vários edifícios.

Tabela 27 – Número dos utentes por pavilhão da sede da SCMCB.

| Utentes       | Nº. Total | Pav. A | Pav. B | Pav. C | Pav. E | Pav. F | Pav. G | Pav. H | Pav. I | Pav. J |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Residentes    | 248       | 28     | 23     | 26     | 17     | 109    | 4      | 22     | 7      | 12     |
| Centro de Dia | 24        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

No total, foi recolhida uma amostra de 114 utentes, abrangendo ambos os sexos. Sendo que, os resultados apresentados têm por base as respostas de 101 utentes residentes, representando cerca de 40,7% e 13 utentes do centro de dia que representam 54,2% desta população alvo.

A Tabela 28 apresenta os dados dos utentes inquiridos da SCMCB, por idade e género.

Tabela 28 – Dados dos utentes inquiridos.

| Pavilhão      | Nº de inquiridos | Idade |      |       | Utentes por sexo |      |
|---------------|------------------|-------|------|-------|------------------|------|
|               |                  | Min.  | Máx. | Méd.  | Masc.            | Fem. |
| A             | 9                | 73    | 92   | 84,2  | 0                | 9    |
| B             | 11               | 68    | 88   | 84,09 | 5                | 6    |
| C             | 11               | 76    | 92   | 86,09 | 4                | 7    |
| E             | 12               | 79    | 93   | 85,8  | 6                | 6    |
| F             | 25               | 74    | 98   | 85,32 | 10               | 15   |
| G             | 1                | 84    | 84   | 84    | 0                | 1    |
| H             | 14               | 72    | 93   | 86,12 | 7                | 7    |
| I             | 7                | 85    | 97   | 90,29 | 2                | 5    |
| J             | 11               | 84    | 88   | 86,6  | 1                | 10   |
| Centro de dia | 13               | 61    | 93   | 80,15 | 3                | 10   |

No Pavilhão G, os quartos existentes são distribuídos por 4 utentes, uma vez que só foi possível realizar o inquérito a um destes quatro utentes, considerou-se que este seria pouco relevante no âmbito deste estudo, pelo que será desprezado este pavilhão.

### 4.2.3 Análise dos resultados

A recolha de dados foi elaborada a partir dos inquéritos realizados aos utentes residentes e os que frequentam o centro de dia da sede da SCMCB.

No grupo de questões sobre a informação pessoal foram recolhidos dados relacionados com o peso e altura do utente, verificando-se que aquando do

preenchimento dos inquéritos, os utentes não sabiam responder a essas informações, sendo estes elementos retirados na análise de resultados.

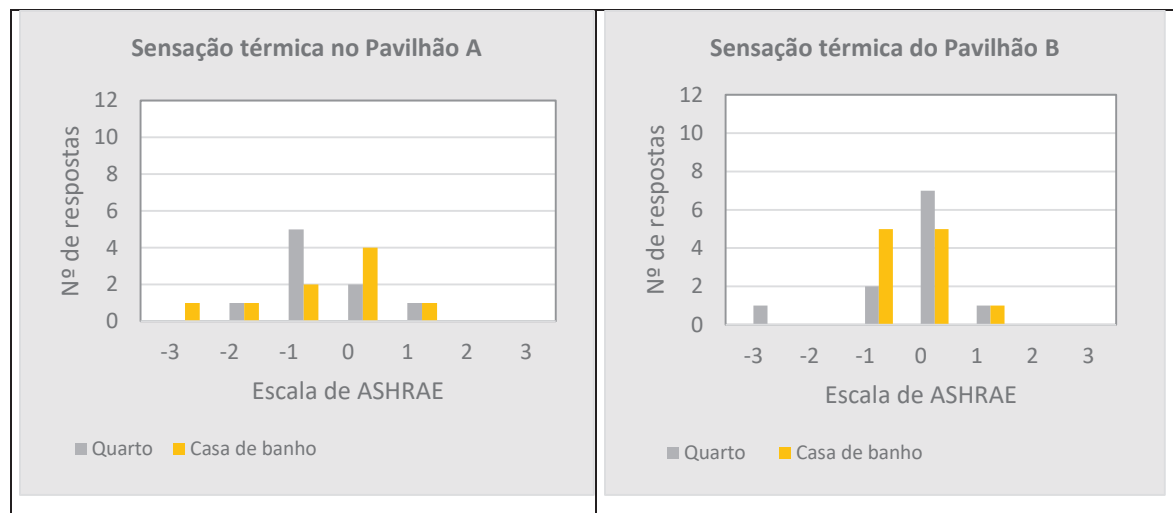
As questões referentes a “Onde de senta normalmente na sala de convívio?” e “Em que parte do corpo sente mais frio, quando está sentado?”, foram questões extraídas por serem pouco relevantes para o objetivo do trabalho, nomeadamente a condição geral de conforto em cada um dos espaços existentes e utilizados pelo utente em causa.

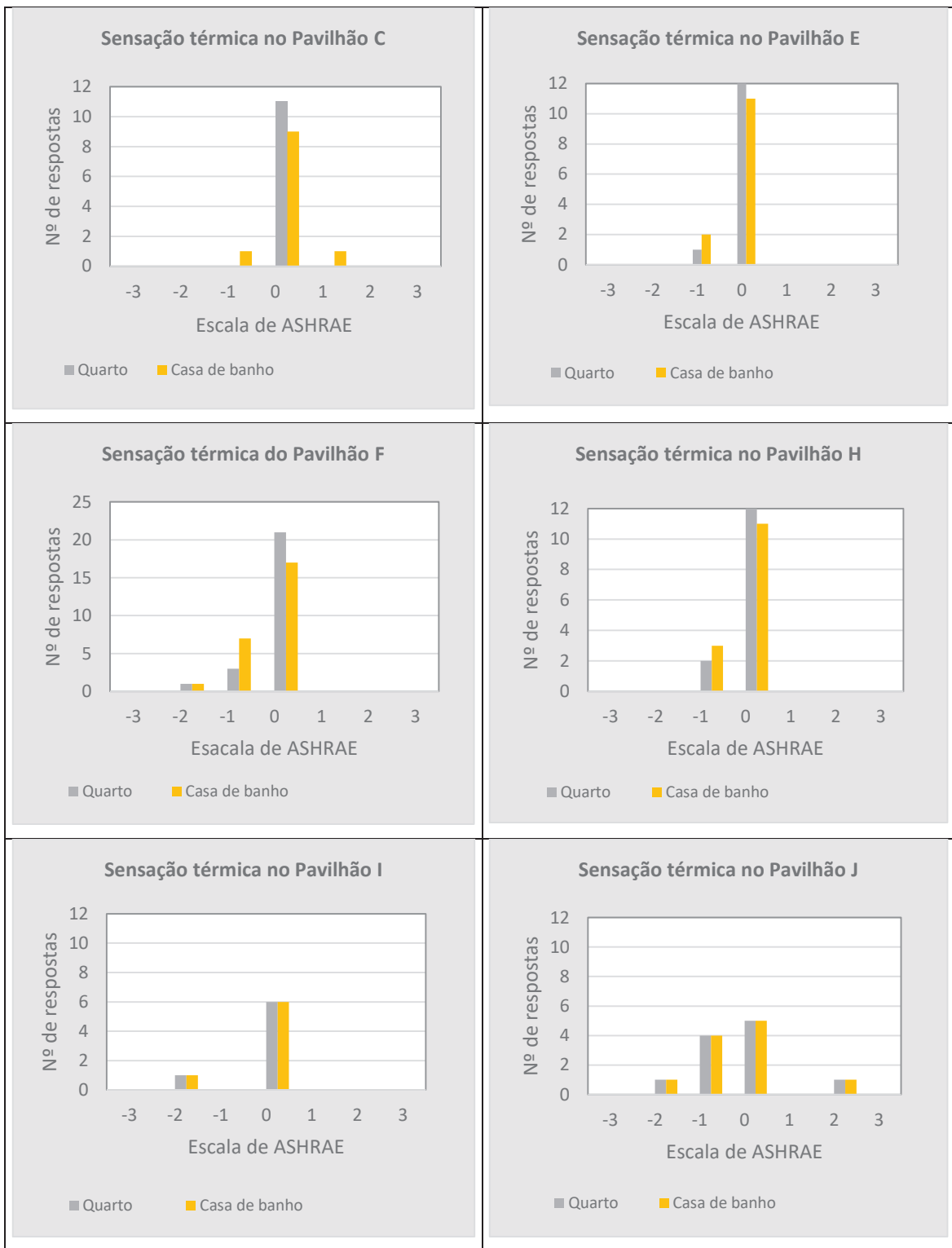
Após a recolha e a análise dos resultados, os mesmos são apresentados através de gráficos de barras. O eixo horizontal representa os níveis da escala de ASHRAE e o eixo vertical, representa o número total de respostas dos utentes referentes a cada divisão. Os dados foram agrupados de acordo com a tipologia dos espaços e analisados em todos os pavilhões, sendo estes dados apresentados no ponto seguinte.

É importante ainda referir que a climatização de todos os pavilhões é realizada por aparelhos de ar condicionado e o seu controlo é feita por uma central. Na estação de aquecimento a temperatura dos equipamentos é de 25°C e na estação de arrefecimento a temperatura dos equipamentos é de

#### 4.2.4 Conforto térmico nos espaços

A Figura 23, apresenta dos dados relativos dos seguintes espaços, os quartos e as casas de banho.





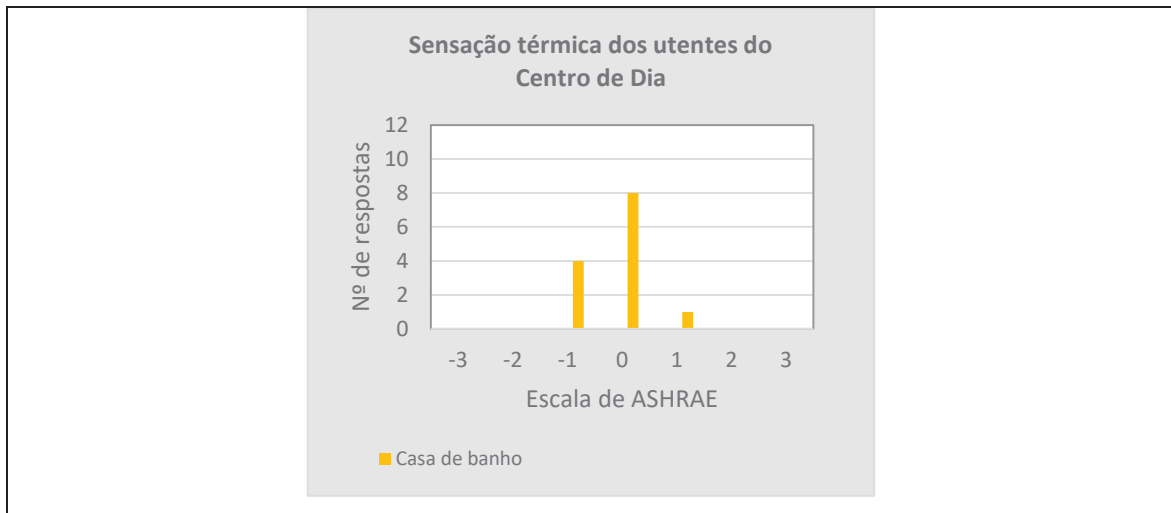


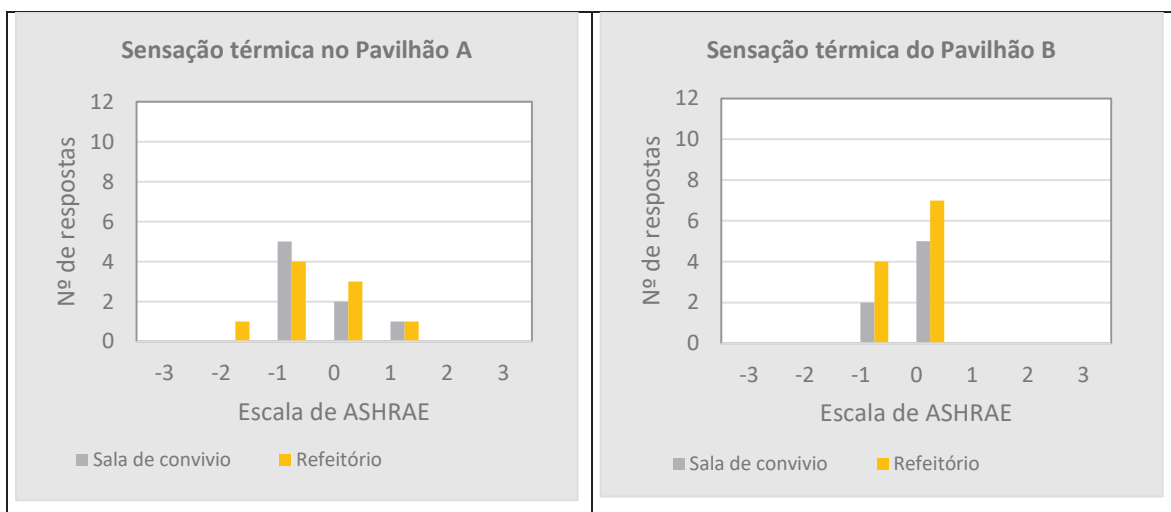
Figura 23 – Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação aos quartos e as casas de banho por pavilhão.

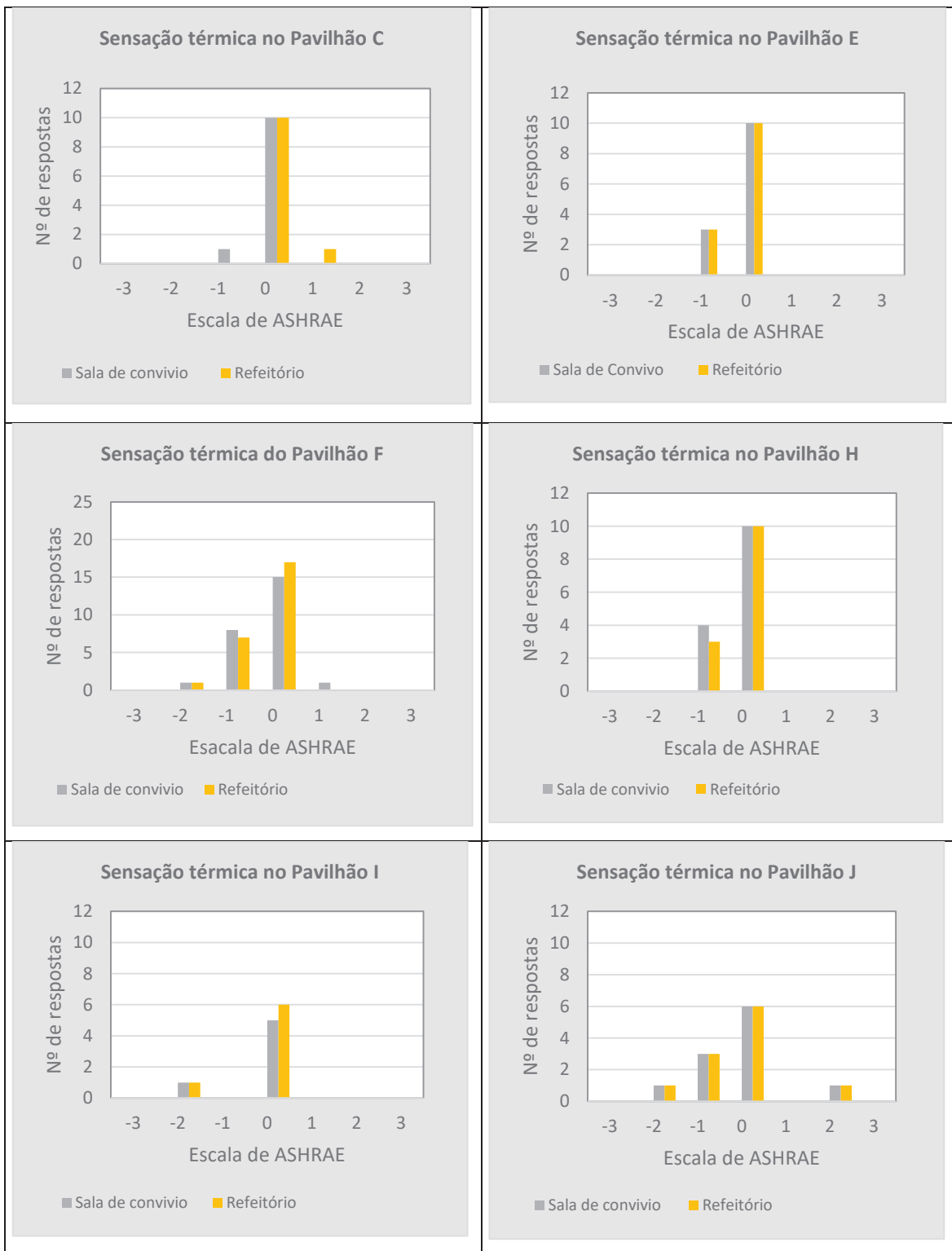
Quer no quarto, quer na casa de banho, as sensações térmicas predominantes sentidas pelos utentes em todos os pavilhões, foi “nem frio nem quente” (0) e “ligeiramente frio” (-1).

Pela observação dos gráficos apresentados, na Figura 24, verifica-se que no Pavilhão A a maioria dos utentes classificaram o quarto como “ligeiramente frio” e nos restantes pavilhões foi considerado “nem frio nem quente”.

Relativamente à casa de banho observa-se que, no Pavilhão B, a maioria dos utentes classificou como “ligeiramente frio” e “nem frio nem quente. Para os restantes pavilhões, as opiniões são unânimes considerando “nem frio nem quente”.

Na Figura 24, visualiza-se os dados relativos dos seguintes espaços sala de convívio e o refeitório.





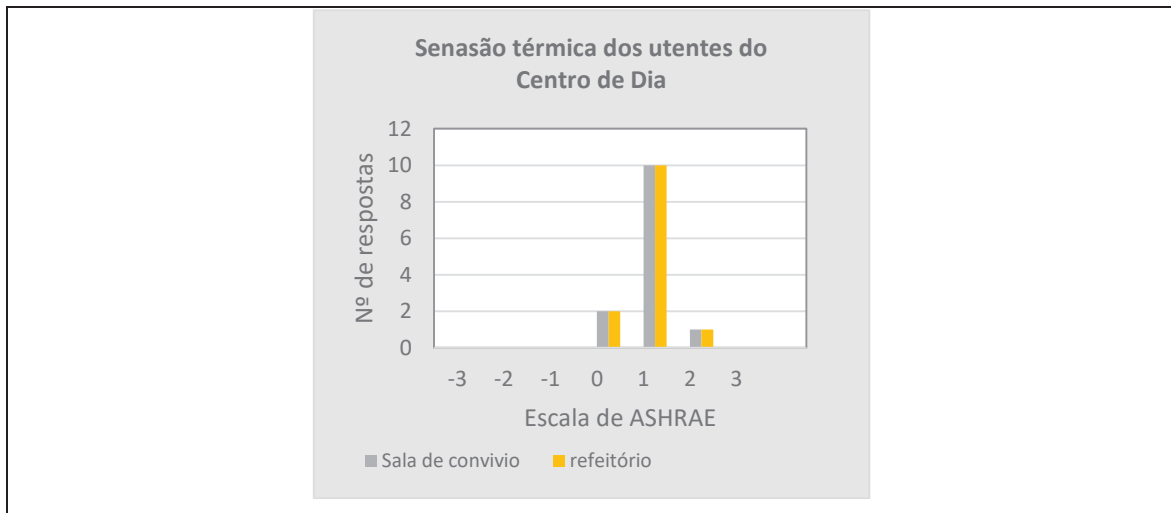
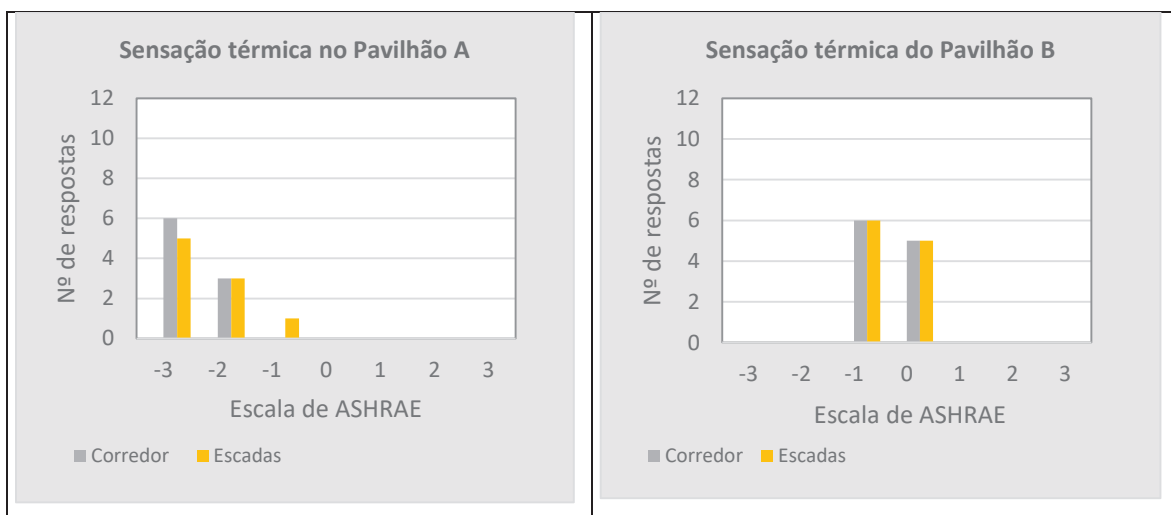


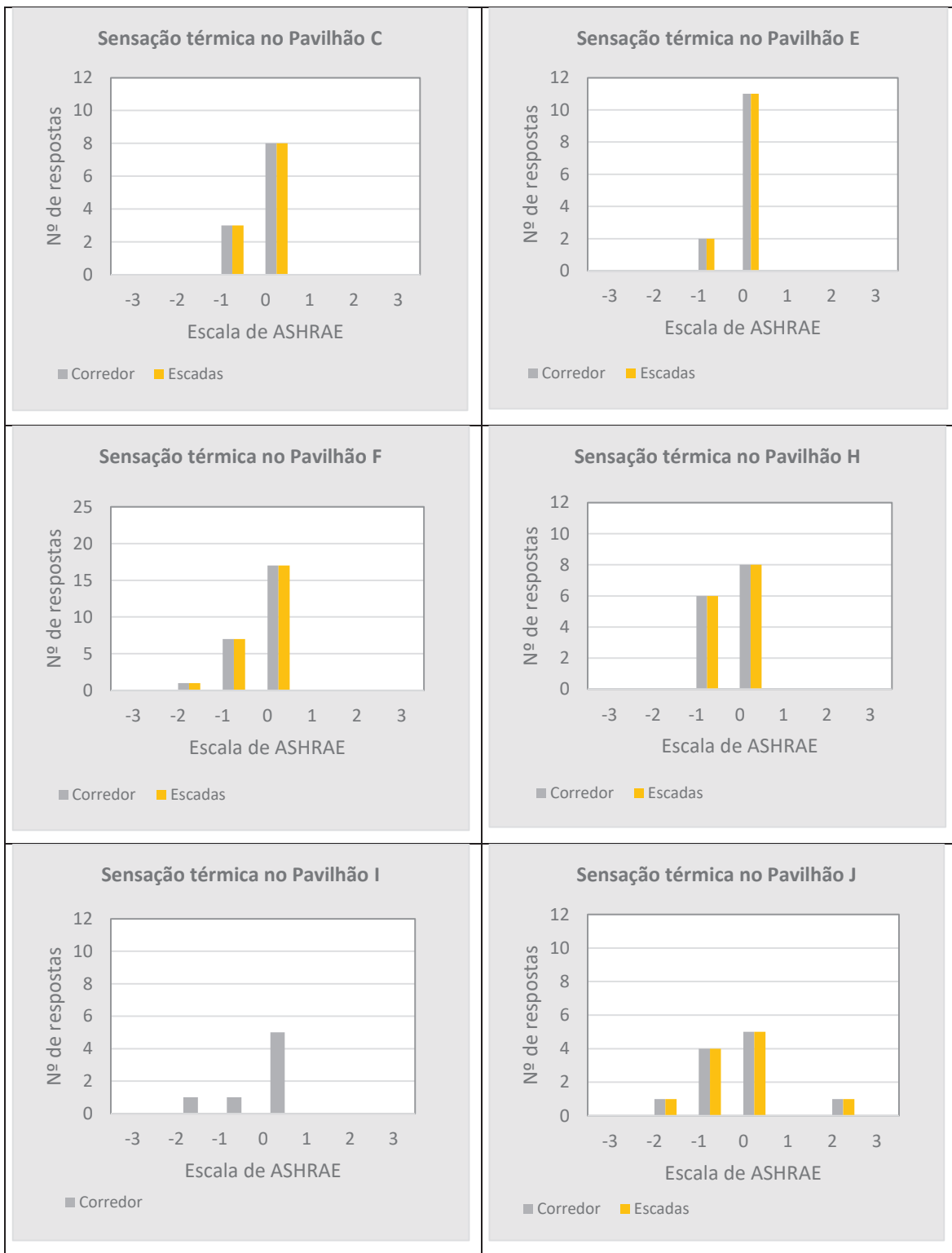
Figura 24 - Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação à sala de convívio e ao refeitório por pavilhão.

Através da análise de dados representada, é possível visualizar que na sala de convívio do Pavilhão A maioria dos utentes indicaram que sentem “ligeiramente frio”, enquanto nos outros pavilhões a maior parte dos utentes indicaram “nem frio nem quente” nas salas de convívio que frequentam.

Atendendo aos gráficos da Figura 24 podemos constatar que o nível mais votado, em termos de perceção térmica sentida pelos utentes no refeitório de cada pavilhão é “nem frio nem calor”.

Relativamente a Figura 25, mostra os dados relativos dos seguintes espaços do corredor e das escadas.





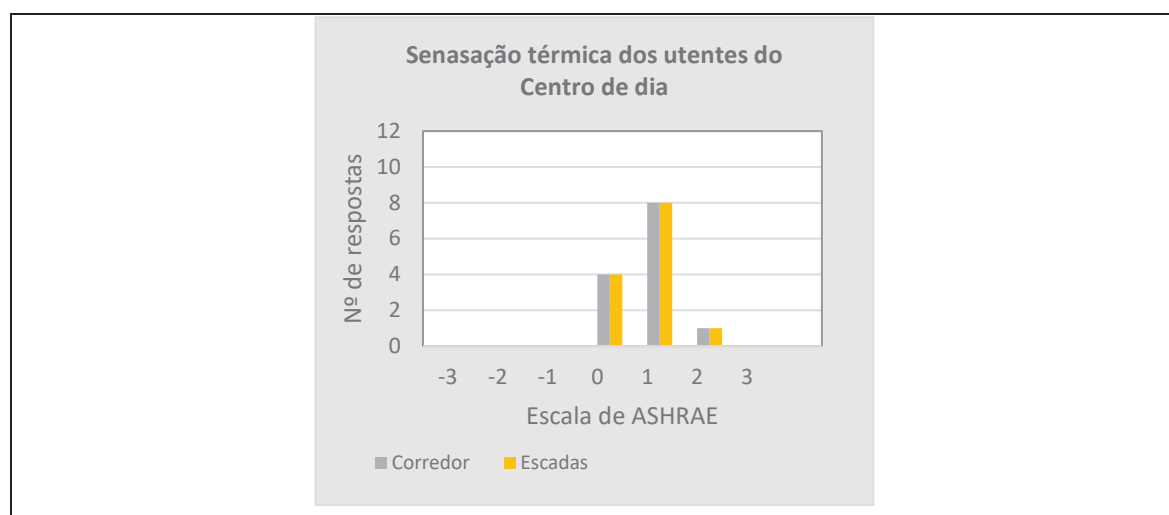


Figura 25 - Respostas aos inquéritos do grau de satisfação em relação ao corredor e as escadas de cada pavilhão.

Atendendo aos dados apresentados na Figura 25, relativamente aos espaços analisados, observamos que é no Pavilhão A onde se verifica um elevado nível de desconforto térmico sentido pelos utentes desse pavilhão onde a maioria respondeu que sente “muito frio” e “frio”. No Pavilhão B verifica-se também um desconforto térmico nesses dois espaços, pois a maioria dos utentes classificam a sensação térmica em “ligeiramente frio”.

Nos restantes pavilhões, as sensações térmicas predominantes sentidas pelas utentes residentes são “nem frio nem quente” e “ligeiramente frio”. Enquanto, que os utentes que frequentam o centro de dia, na sua maioria, indicam que no corredor e nas escadas do pavilhão F sentem os espaços “ligeiramente quente”.

Em suma, através dos resultados apresentados podemos verificar que existe maior desconforto térmico na estação de aquecimento com valores negativos na escala utilizada pelos utentes inquiridos nos pavilhões A e B. Tal facto pode ser justificado devido às características destes dois edifícios, ou seja, ambos apresentam uma envolvente com um deficiente reforço térmico.

#### 4.2.5 Sensação térmica

O PMV é um modelo matemático desenvolvido a partir de experiências em laboratório onde todas as variáveis ambientais e individuais foram medidas. No estudo em causa, as variáveis ambientais não foram medidas impossibilitando o cálculo deste índice, assim sendo o PMV foi substituído pelo STM (valores da sensação térmica média, resultado dos inquéritos utilizadas).

O STM, já apresentado anteriormente, representa o valor do voto médio de um grande grupo significativo de pessoas em termos de sensação térmica. Sendo que, o valor zero representa o conforto, os níveis abaixo deste referem-se a uma classificação relacionada com a sensação de frio e os níveis acima representa sensações relacionadas com um ambiente quente.

Os valores da sensação térmica média (STM) foram calculados através da obtenção do valor médio dos resultados dos inquéritos nos vários espaços. Com base neste valor foi utilizada a fórmula de Fanger para a obtenção do valor do PPD no sentido de identificar o desconforto no ambiente.

Os valores de PPD foram calculados a partir da Equação 2, referida anteriormente. Assim sendo, a Tabela 29 representa os valores dos dois índices por cada espaço dos edifícios analisados.

Tabela 29 – Análise da sensação térmica e PPD dos diversos espaços de cada edifício.

| <u>Quartos</u> |       |       |   |       |      |       |       |       |
|----------------|-------|-------|---|-------|------|-------|-------|-------|
|                | A     | B     | C | E     | F    | H     | I     | J     |
| STM            | -0,67 | -0,36 | 0 | -0,08 | -0,2 | -0,14 | -0,14 | -0,36 |
| PPD            | 14,35 | 7,76  | 5 | 5,12  | 5,83 | 5,42  | 5,42  | 7,76  |

| <u>Sala de convívio</u> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | A     | B     | C     | E     | F     | H     | I     | J     |
| STM                     | -0,33 | -0,18 | -0,09 | -0,23 | -0,36 | -0,29 | -0,05 | -0,27 |
| PPD                     | 7,31  | 5,69  | 5,17  | 6,10  | 7,70  | 6,70  | 5,05  | 6,55  |

| <u>Refeitório</u> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | A     | B     | C     | E     | F     | H     | I     | J     |
| STM               | -0,49 | -0,36 | -0,09 | -0,23 | -0,36 | -0,21 | -0,14 | -0,27 |
| PPD               | 9,11  | 7,76  | 5,17  | 6,10  | 7,70  | 5,95  | 5,42  | 6,55  |

| <u>Casa de banho</u> |       |       |   |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | A     | B     | C | E     | F     | H     | I     | J     |
| STM                  | -0,59 | -0,36 | 0 | -0,15 | -0,40 | -0,21 | -0,14 | -0,36 |
| PPD                  | 11,45 | 7,76  | 5 | 5,49  | 8,33  | 5,95  | 5,42  | 7,76  |

| <u>Corredor</u> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | A     | B     | C     | E     | F     | H     | I     | J     |
| STM             | -2,67 | -0,55 | -0,27 | -0,15 | -0,36 | -0,43 | -0,43 | -0,36 |
| PPD             | 96,30 | 11,24 | 6,55  | 5,49  | 7,70  | 8,84  | 8,77  | 7,76  |

| <u>Escadas</u> |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | A     | B     | C     | E     | F     | H     | J     |
| STM            | -2,44 | -0,55 | -0,27 | -0,15 | -0,36 | -0,43 | -0,27 |
| PPD            | 92,09 | 11,24 | 6,55  | 5,49  | 7,70  | 8,84  | 6,55  |

| <u>Utentes do centro de dia</u> |                  |            |               |          |         |
|---------------------------------|------------------|------------|---------------|----------|---------|
|                                 | Sala de convívio | Refeitório | Casa de banho | Corredor | Escadas |
| STM                             | -0,08            | -0,08      | -0,23         | -0,23    | -0,23   |
| PPD                             | 5,12             | 5,12       | 6,10          | 6,10     | 6,10    |

Atendendo aos valores obtidos do STM, verificou-se a existência de espaços com desconforto térmico sendo estes no pavilhão A (quarto, casa de banho, corredor e as escadas) e no pavilhão B (corredor e as escadas) onde surgem os valores máximos de STM. Segundo, a ISO 7730:2005 (ISO 7730,2005), os valores recomendados do PMV, equivalentes neste trabalho ao STM obtido através de inquéritos, devem situar-se entre -0,5 e +0,5, o que não se verifica nas situações analisadas. Uma vez que, o valor máximo obtido é de -2,67 e o valor mínimo de -0,55. Estes dados permitem ainda verificar que estamos perante locais com níveis de sensações térmicas que variam de muito frio a ligeiramente frio.

Em relação ao PPD, como este depende do PMV e considerando os valores máximos obtidos, estes situam-se acima dos valores limites estabelecidos para este parâmetro. Esses valores, quando comparados aos 10% recomendados pela ISO 7730:2005 (ISO 7730, 2005), são superiores, sendo o valor máximo obtido de 96,30 e o mínimo de 11,24.

Na Tabela 30 é apresentada uma síntese da análise das tabelas da STM e do PPD onde é representado o nível de desconforto encontrado nos edifícios analisados:

Tabela 30 – Sensação térmica e desconforto térmico dos edifícios analisados

|                             | <b>Quarto<br/>(Pav. A)</b> | <b>Casa de<br/>banho<br/>(Pav. A)</b> | <b>Corredor<br/>(Pav. A)</b> | <b>Escadas<br/>(Pav. A)</b> | <b>Corredor<br/>(Pav. B)</b> | <b>Escadas<br/>(Pav. B)</b> |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>STM</b>                  | -0,67                      | -0,59                                 | -2,67                        | -2,44                       | -0,55                        | -0,55                       |
| <b>PPD</b>                  | 14,35                      | 11,45                                 | 96,30                        | 92,04                       | 11,24                        | 11,25                       |
| <b>Sensação<br/>térmica</b> | Ligeiramente<br>Frio       | Ligeiramente<br>Frio                  | Muito<br>Frio                | Frio                        | Ligeiramente<br>frio         | Ligeiramente<br>Frio        |

Considerando os resultados da Tabela 30, que indica que os espaços dos edifícios onde existem níveis de desconforto térmico interior, identificados pelos utentes. Perante esta situação é possível definir estratégias de intervenção e melhorias das soluções construtivas existentes na envolvente dos edifícios.

#### 4.2.6 Parâmetros térmicos considerados

Para avaliar o conforto térmico de espaços interiores é necessário conhecer os parâmetros existentes que influenciam termicamente o ambiente. Para o presente estudo desenvolvido, não foram considerados os parâmetros ambientais interiores (temperatura do ar, a temperatura média radiante, a velocidade do ar e a humidade relativa) devido à inexistência de recursos técnicos necessários para as suas medições.

Relativamente, aos parâmetros ambientais exteriores, foi considerada a temperatura e o estado do tempo, dada a relação intrínseca entre as condições climáticas e as sensações térmicas dos utentes. Para a obtenção desses dados, recorreu-se à obtenção dos valores registados no site do Instituto Português do Mar e da

Atmosfera na zona de estudo, bem como, aos valores registados na Estação Climatológica de Castelo Branco nas datas em que decorreu o preenchimento dos inquéritos.

Durante o preenchimento dos inquéritos observou-se que os utentes passam grande parte do tempo em atividade de convívio sedentária como a assistir televisão, conversar, ler, etc. Segundo a ISO 7730:2005 (ISO 7730, 2005) para as atividades desenvolvidas dentro destes padrões o valor da taxa de metabolismo a considerar é de 1,2 met.

A resistência térmica do vestuário é obtida a partir do somatório da resistência das peças de vestuário utilizadas pelo utente durante o preenchimento dos inquéritos. A esse valor foi adicionado um valor de 0,01 clo (ASHRAE 55, 2010) (ISO 7730, 2005) pelo facto de os utentes estarem sentados, reproduzindo assim o efeito da resistência térmica devido ao contato com a superfície da cadeira.

A partir dos dados extraídos dos inquéritos, foi calculada a resistência térmica média do vestuário dos utentes por pavilhão, como indica a Tabela 31.

Tabela 31 – Resistência térmica do vestuário dos utentes por pavilhão

|                      | <b>Resistência térmica do vestuário (Clo)</b> |      |       |
|----------------------|---|------|-------|
|                      | Min.  | Máx. | Média |
| <b>Pavilhão A</b>    | 0,98  | 1,84 | 1,35  |
| <b>Pavilhão B</b>    | 0,57  | 1,77 | 1,13  |
| <b>Pavilhão C</b>    | 0,82  | 1,49 | 1,11  |
| <b>Pavilhão E</b>    | 0,72  | 1,55 | 1,1   |
| <b>Pavilhão F</b>    | 0,57  | 1,29 | 0,95  |
| <b>Pavilhão H</b>    | 0,6   | 1,49 | 0,97  |
| <b>Pavilhão I</b>    | 0,75  | 1,53 | 1,16  |
| <b>Pavilhão J</b>    | 0,66  | 1,37 | 1,07  |
| <b>Centro de Dia</b> | 0,82  | 1,56 | 1,11  |

Segundo a ISO 7730:2005 (ISO 7730, 2005) os valores recomendados para a resistência térmica do vestuário variam entre 1clo no inverno e 0,5clo no verão. Para o presente estudo será considerado o valor de referência correspondente a 1clo no inverno, por este ser o valor mais desfavorável.

Assim, através da Tabela 31, identificamos que o Pavilhão F e o Pavilhão H são aqueles que cumprem os requisitos recomendados pela norma, uma vez que, os valores obtidos encontram-se abaixo de 1clo. Para os restantes pavilhões os valores encontram-se acima, ou seja, os utentes usam mais peças de roupa para se sentirem confortáveis termicamente no interior dos edifícios. Uma justificação deve-se, ao facto, de a idade do público alvo, uma vez que, com o avanço da idade o sistema de regulamentação térmica do organismo humano começa a ficar mais debilitado, o que torna mais difícil a realização dos procedimentos para controlar a desidratação, em altas temperaturas ou de manter o corpo quente quando está frio.

Os idosos são mais suscetíveis à imobilidade, às desnutrições e a doenças sistêmicas interferindo na produção ou conservação do calor, ao longo do envelhecimento a maior parte da hipoderme (barreira que protege o corpo da perda excessiva de calor) é perdida o que conduz a uma redução considerável da sensação térmica (Montanheiro, 2016).

## 5. Transmissão de calor em edifícios

### 5.1 Mecanismos de transmissão de calor

Nos últimos anos, têm-se verificado um acréscimo das exigências de conforto térmico associado a um maior desenvolvimento económico e social. Assim, tem se tornado cada vez mais importante analisar as perdas e os ganhos térmicos que ocorrem através da envolvente dos edifícios (Gouveia, 2012).

Os edifícios devem assegurar no seu interior um ambiente com condições mínimas de conforto e habitabilidade. Para tal, é necessário filtrar a passagem de luz, ar, ruído e energia entre o ambiente exterior e o ambiente interior.

Nas envolventes do edifício podem ocorrer três processos físicos de transmissão de calor: por condução, convecção e radiação. Na Figura 26 são ilustrados os processos de transferência de calor e as zonas onde estas podem ocorrer.

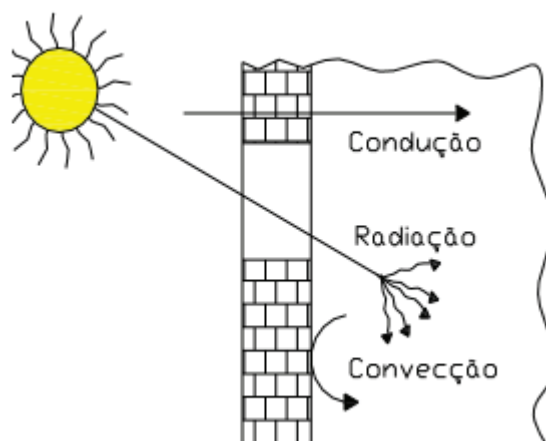


Figura 26 - Mecanismos de transmissão de calor em edifícios (Valério, 2007).

#### 5.5.1 Condução

A condução corresponde a um fenómeno de transferência de calor entre duas zonas com temperaturas diferentes podendo ocorrer em corpos sólidos. Desta forma, a transmissão de calor ocorre por contato direto entre zonas com temperaturas diferentes. Um material com uma dada temperatura corresponde um determinado estado de agitação molecular, o qual é tanto mais elevado quanto maior for a temperatura. Entre duas zonas com temperaturas diferentes, essa agitação transmite-se da que tiver o maior estado de agitação para a menor até se atingir um equilíbrio entre as duas (Henriques, 2011).

O fluxo de calor por condução através da envolvente dos edifícios depende da condutividade térmica dos materiais ( $\lambda$ ) e da espessura dos elementos que a compõem ( $e$ ), para além da diferença de temperatura entre as fronteiras dos elementos.

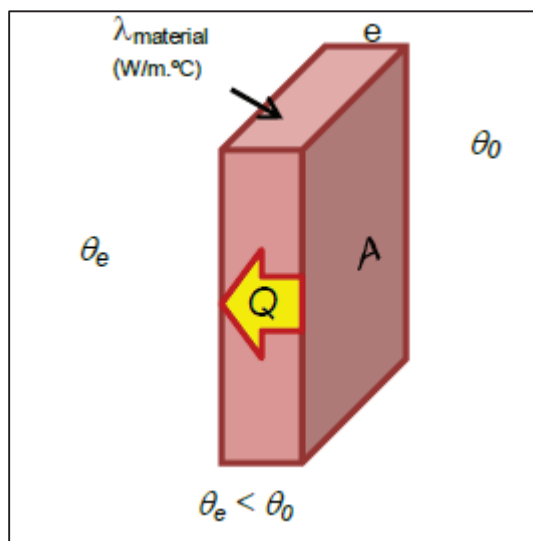


Figura 27 – Fluxo de calor por condução, em regime permanente (Romeu, 2014).

O fluxo de calor por condução em regime permanente ocorre de forma unidirecional e perpendicular ao elemento, conforme a Figura 27, e pode ser determinado pela seguinte equação:

$$Q_{cond} = U_p \times A \times (\theta_0 - \theta_e) \quad \text{ou} \quad Q_{cond} = \frac{1}{R_t} \times A \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (3)$$

Com,

$$\text{Coeficiente de transmissão térmica: } U_p = \frac{1}{R_t} \text{ (w/m}^2 \cdot \text{°C)} \quad (4)$$

$$\text{Resistência térmica: } R_t = \frac{1}{K_p} = \frac{e}{\lambda} \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/w)} \quad \theta_0 > \theta_e \quad (5)$$

Sendo que:

$Q_{cond}$  = fluxo de calor (W);

$U_p$  = coeficiente de transmissão térmica do elemento ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ );

$A$  = área da parede ( $m^2$ );

$\theta_0$  = temperatura interior ( $^\circ C$ );

$\theta_e$  = temperatura exterior ( $^\circ C$ );

$e$  = espessura (m);

$R_t$  = resistência térmica ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );

$\lambda$  = condutibilidade térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ ).

A transmissão de calor por condução, em regime permanente, num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo é representada pela Figura 28.

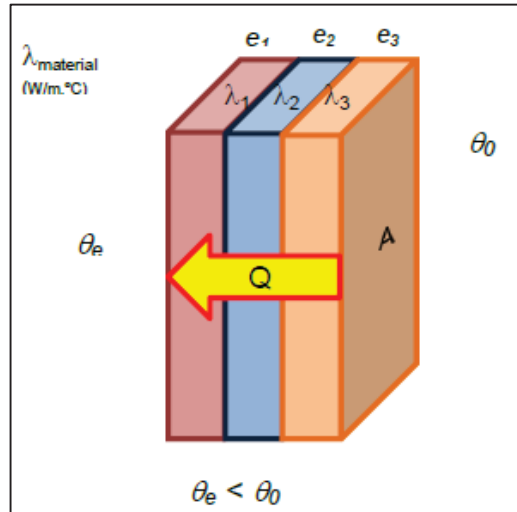


Figura 28 - Fluxo de calor por condução num elemento formado por camadas perpendiculares ao fluxo.

O fluxo de calor por condução, em regime permanente, formado por camadas perpendiculares ao fluxo, pode ser determinado através da Equação 6.

$$Q = \frac{A}{R_1} \times (\theta_0 - \theta_e) \quad \text{ou} \quad Q = \frac{A}{R_2} \times (\theta_0 - \theta_e) \quad \text{ou} \quad Q = \frac{A}{R_3} \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (6)$$

Com:

$$R_t = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} \quad (m^2 \cdot ^\circ C / w), \text{ ou seja, para } n \text{ elementos em série:} \quad R_t = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} \quad (7)$$

$$U_p = \frac{1}{R_t} \quad \theta_0 > \theta_e \quad (8)$$

Onde:

$e_1, e_2, e_3$  = espessuras dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (m);

$e_i$  = espessura do elemento i, (m);

$n$  = nº de elementos em série;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  = condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente ( $w/m \cdot ^\circ C$ );

$\lambda_i$  = condutibilidade térmica do elemento i ( $W/m \cdot ^\circ C$ );

$U_p$  = coeficiente de transmissão térmica dos elementos ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ );

$A$  = área da parede ( $m^2$ );

$\theta_0$  = temperatura interior ( $^\circ C$ );

$\theta_e$  = temperatura exterior ( $^\circ C$ ).

A transmissão de calor por condução, em regime permanente, num elemento formado por camadas paralelas ao sentido do fluxo, representado na Figura 29, resulta

do somatório dos fluxos dos diversos elementos e da superfície que cada elemento ocupa na envolvente analisada.

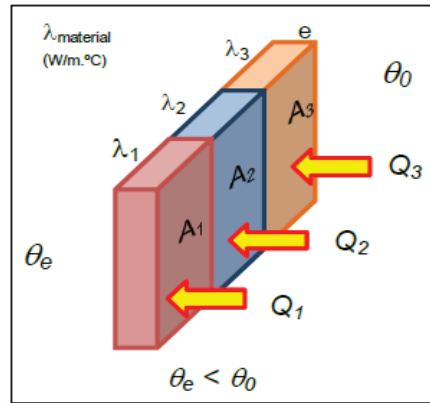


Figura 29 - Fluxo de calor por condução num elemento formado por camadas paralelas ao fluxo.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots Q_n \quad (9)$$

E então:

$$Q = \frac{A_1 \times (\theta_0 - \theta_e)}{R_1} + \frac{A_2 \times (\theta_0 - \theta_e)}{R_2} + \dots \quad (10)$$

$$\text{Com: } R_j = \frac{e}{\lambda_j} \quad (11)$$

$$\text{Ou seja: } Q = \sum \frac{A_j}{R_j} \times (\theta_0 - \theta_e) \quad (12)$$

O coeficiente de transmissão térmica é dado por:

$$U_p = \frac{\sum A_j U_j}{\sum A_j} \quad \text{com: } \theta_0 > \theta_e \quad (13)$$

Onde:

$Q_1, Q_2, Q_3$  = fluxos de calor dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, (W);

$Q$  = fluxo de calor total, (W);

$e$  = espessura do elemento, (m);

$n$  = nº de elementos em paralelo;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  = condutibilidades térmicas dos elementos 1, 2 e 3 respetivamente, ( $W/m \cdot ^\circ C$ );

$R_j$  = resistência térmica do elemento  $j$ , ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );

$\lambda_j$  = condutibilidade térmica do elemento  $j$ , ( $W/m \cdot ^\circ C$ );

$A_j$  = área do elemento  $j$ , ( $m^2$ );

$\theta_0$  = temperatura interior, ( $^\circ C$ );

$\theta_e$  = temperatura exterior, ( $^\circ C$ ).

### 5.5.2 Convecção

Na convecção, o calor transmite-se por partículas do meio, que se movimentam de um local para outro. Ocorre em líquidos e gases. Nos edifícios, o fluido que importa analisar é o ar. Este, em contato com a superfície, vai ser aquecido tornando-o menos denso e provocando o seu movimento ascensional, um mecanismo de flutuação que dará lugar ao contato da superfície com ar mais frio. Neste caso, em que os movimentos do fluido são provocados pela diminuição de densidade ao ser aquecido, o processo de transferência de calor designa-se por convecção natural. A convecção diz-se forçada quando o movimento do fluido é reforçado por um meio externo (por exemplo, uma ventoinha ou o vento) (Valério, 2007).

Na térmica dos edifícios distinguem-se duas situações típicas de trocas por convecção: a convecção ar-sólido, que consiste em trocas de calor entre o ambiente (interno ou externo) e as superfícies da envolvente (paredes, tetos e pavimentos); e a convecção ar-ar, que consiste nas trocas de calor entre massas de ar exterior e interior, através das aberturas da envolvente (ventilação através das janelas, condutas ou infiltrações através de frinchas ou juntas).

### 5.5.3 Radiação

A radiação é outro mecanismo de transmissão de calor, ou seja, verifica-se a transferência de energia por ondas eletromagnéticas, o que não depende de um meio material podendo ocorrer mesmo em vácuo. Por exemplo, a energia solar chega até à Terra dessa forma. Para ocorrer este tipo de transmissão de calor, apenas é necessária a existência de duas superfícies com diferentes temperaturas em que, devido à vibração das moléculas superficiais, é emitida energia radiante através do espaço até atingir uma superfície opaca que absorve parte desta energia e reflete a restante.

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica do elemento deve ser tido em consideração duas resistências térmicas superficiais, exceto em elemento que estiverem em contato com o solo.

Por convecção e radiação são consideradas as resistências térmicas superficiais conforme os valores apresentados na Tabela 32.

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento que separa um espaço interior de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais interiores,  $R_{si}$ , uma correspondente à superfície interior da fração e outra ao interior do espaço não útil (Desp Ext 15793K, 2013).

Tabela 32 - Valores das resistências térmicas superficiais,  $R_{se}, R_{si}$  (Desp Ext 15793K, 2013).

| Sentido do fluxo de calor |             | Resistência térmica [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ] |                   |
|---------------------------|-------------|--|-------------------|
|                           |             | Exterior $R_{se}$                              | Interior $R_{si}$ |
| Horizontal                |             | 0,04   | 0,13              |
| Vertical                  | Ascendente  | 0,04   | 0,10              |
|                           | Descendente | 0,04   | 0,17              |

Na convecção e radiação é atribuído um coeficiente de condutância térmica superficial interior e exterior que traduz a soma das trocas de calor por convecção e radiação entre o paramento interior/ exterior e o ar interior/ exterior, que dependem da velocidade do ar em contato com a superfície, da rugosidade, da superfície, da forma e posição da superfície, da diferença de temperatura entre a superfície e o fluido.

$$Q = h_{se} \times A \times (\theta_{se} - \theta_e) \quad (14)$$

$$Q = h_{si} \times A \times (\theta_o - \theta_{si}) \quad (15)$$

Onde:

$Q$  = fluxo de calor total, (W);

$h_{se}$  = condutância térmica superficial exterior de convecção, ( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ );

$h_{si}$  = condutância térmica superficial interior de convecção, ( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ );

$A$  = área da parede, ( $m^2$ );

$\theta_{se}$  = temperatura da superfície exterior, ( $^\circ C$ );

$\theta_{si}$  = temperatura da superfície interior, ( $^\circ C$ );

$\theta_e$  = temperatura exterior, ( $^\circ C$ );

$\theta_o$  = temperatura interior, ( $^\circ C$ );

## 6. Caracterização do comportamento térmico

Num edifício, pode-se garantir as condições de conforto higrotérmico dos utilizadores através de vários processos. Estes processos acarretam custos iniciais e custos de exploração, para promover as condições mínimas de conforto, recorrendo de uma forma moderada a equipamentos de aquecimento e/ou arrefecimento. Com a caracterização térmica pretende-se fazer a simulação do balanço térmico (Figura 30) entre os ambientes interior e exterior do edifício (Rocha, 2013).

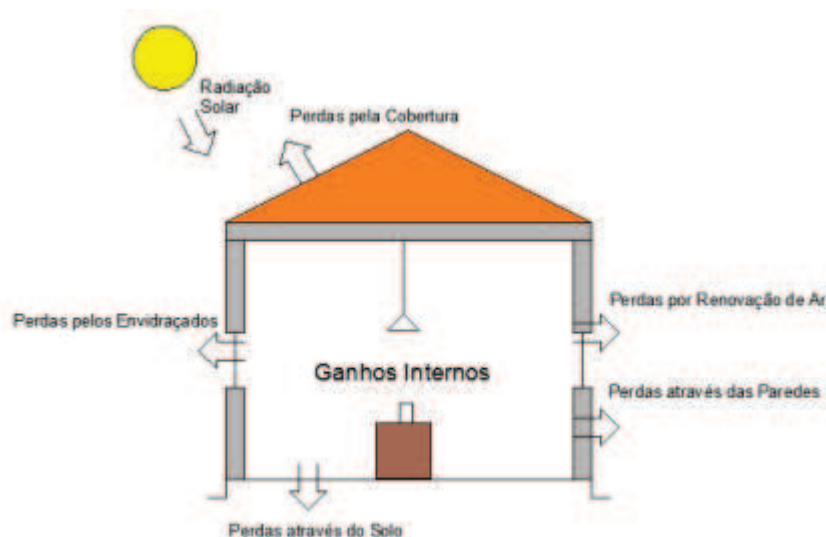


Figura 30 - Balanço térmico de um edifício (Rocha, 2013).

### 6.1 Trocas por condução através da envolvente

As trocas de calor que ocorrem nos edifícios classificam-se em perdas ou ganhos de calor. No que se refere às perdas, que ocorrem através da envolvente, estas dividem-se em perdas por transmissão através dos elementos da construção e perdas devidas à renovação do ar interior. Relativamente aos ganhos de calor, estes acontecem também através da envolvente, havendo ainda uma percentagem de ganhos internos, que resultam da libertação de calor pelo metabolismo humano e por efeito de Joule (com exceção do caso em que é utilizado para efeitos de climatização associado ao funcionamento dos equipamentos dos edifícios). Os ganhos através da envolvente, consideram-se os que ocorrem por transmissão através dos elementos de construção, os da renovação do ar interior e os que provêm da radiação solar (Rocha, 2013).

Este balanço, entre perdas e ganhos de calor, é condicionado pelas propriedades e características dos elementos construtivos que constituem edifício, o que implica que o comportamento térmico de um edifício seja um processo complexo de prever e quantificar.

### **6.1.1 Zonas correntes**

O conceito de zonas correntes refere-se às zonas dos elementos de construção com um padrão uniforme de geometria e constituição interna (Silva, 2012).

As trocas de calor por condução dependem das propriedades térmicas dos materiais, sendo traduzidas através de parâmetros como a condutibilidade térmica e o coeficiente de transmissão térmica, sendo este último, o mais utilizado para contabilizar as trocas através do elemento, pois o fluxo está diretamente em contato as temperaturas dos ambientes adjacentes e estas (Rocha, 2013).

No inverno, a radiação solar emitida através da envolvente exterior é favorável sob o ponto de vista das necessidades de aquecimento. No verão, a situação inverte-se, uma vez que os níveis de radiação solar que incidem sobre a envolvente exterior podem fazer subir a sua temperatura para valores significativamente mais altos do que a temperatura do ar exterior, o que condiciona os fluxos de calor gerados por condução.

### **6.1.2 Pontes térmicas**

Define-se como ponte térmica, toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação à zona corrente. Deste modo, nas zonas de pontes térmicas, as linhas de fluxo de calor deixam de ser retilíneas, aspeto característico de um processo unidirecional, e assumem as direções em que a resistência à passagem de calor é menor (Diogo, 2012).

Uma ponte térmica plana é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de viga e caixas de estore, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície (ADENE, 2009). Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bidimensional ou tridimensional, assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento.

### **6.1.3 Trocas de calor através do solo**

Nos elementos de construção (paredes de caves enterradas e pavimentos assentes no terreno) em contato direto com o solo, cujas temperaturas apresentam características de variações específicas que diferem das do ar ambiente, onde se processam trocas de calor por condução. Neste caso, o valor das trocas de calor está mais suscetível a erros pois está dependente da distribuição da temperatura no solo e da sua condutibilidade.

## **6.2 Inércia térmica**

A inércia térmica de um edifício é a sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor através do amortecimento da onda de calor e por um desfasamento ou atraso entre

incidência da onda de calor no exterior e o interior do edifício. Isto acontece devido à sua capacidade de acumular calor nos elementos construtivos.

Para a avaliação da inércia térmica da construção, recorre-se ao conceito de superfície equivalente pesada, que é igual ao somatório das áreas de superfície interior do elemento, inclusive piso e teto, multiplicadas pelo fator de redução da massa superficial útil em função do peso da parede e das resistências térmicas dos seus revestimentos em relação à área do piso do edifício (Desp Ext 15793K, 2013).

A inércia térmica pode ser forte, média ou fraca, sendo que desta classificação depende das implicações nos ganhos solares que são absorvidos pelo edifício. Quanto maior a massa superficial dos materiais de construções utilizados, ou seja, mais pesados e maciços (como a pedra e os tijolos maciços), maior será a inércia térmica, o que resulta em trocas de calor mais lentas com o meio que rodeia os elementos, evitando uma variação exagerada das temperaturas. Deste modo, a energia obtida pelos ganhos solares durante o dia são facilmente armazenados para serem libertados no período noturno.

A inércia térmica é uma medida essencial para a otimização do desempenho energético de edifícios habitacionais, porque constitui uma fonte de energia térmica constante durante todo o ciclo de vida dos edifícios.

### **6.3 Ganhos solares dos vãos envidraçados**

Os envidraçados assumem particular relevância devido às perdas e ganhos de calor que ocorrem através da sua superfície.

A principal função do vidro, na construção, é permitir a incidência da radiação solar e da luz visível no interior do edifício. Assim, da radiação total incidente no vão envidraçado, uma parte é refletida instantaneamente para o exterior, outra é absorvida pelo vidro e a restante é emitida para o interior do edifício (Diogo, 2012).

Na estação de aquecimento, tem-se todo o interesse em captar a radiação solar, o que pode ser conseguido pela introdução de vãos envidraçados orientados ao quadrante sul. Na estação de arrefecimento interessa ter a menor superfície possível do envidraçado exposta a essa mesma radiação, conseguido através de dispositivos de sombreamentos adequados.

O fator solar é a percentagem da radiação total incidente que chega ao interior dos edifícios e consiste na radiação transmitida diretamente para o interior e na radiação absorvida que é emitida para o interior posteriormente (Pinho, 2013). Assim sendo, o fator solar de um vão envidraçado consiste na relação entre a energia transmitida para o interior através de um vão envidraçado e a energia da radiação solar que nele incide na direção do envidraçado, tomando valores diferentes para a estação de aquecimento e de arrefecimento.

## 6.4 Ventilação

Os edifícios devem ser ventilados, seja essa ventilação feita por via natural, artificial ou híbrida. A ventilação tem o objetivo de renovar o ar interior dos edifícios, mantendo as condições necessárias para a qualidade do ar e para o conforto térmico dos ocupantes, controlando-se o consumo de energia através da sua utilização racional.

Nas habitações produzem-se grandes quantidades de vapor de água, provenientes da cozinha e da casa de banho pelo que, se a habitação possuir uma insuficiente ventilação, pode provocar problemas de condensação, dando origem a fungos e bolores, prejudiciais para a qualidade interior do edifício e para a saúde humana.

Para promover um maior conforto térmico, no verão, é aconselhável a utilização da ventilação. Podendo ser aproveitada de duas formas:

- 1- Do aumento da ventilação e conseqüente aumento da velocidade do ar – resulta num aumento das perdas de calor por convecção pelo corpo humano e aumentam a taxa de evaporação ao nível da pele;
- 2- Da ventilação cruzada para arrefecimento da massa estrutural do edifício durante a noite, sendo esta massa estrutural arrefecida aproveitada durante o dia para diminuir a temperatura interior.

## 6.5 Soluções de reabilitação térmica da envolvente dos edifícios

As medidas de melhoria térmica da envolvente de edifícios englobam a envolvente opaca (paredes exteriores, cobertura e pavimento) e os vãos envidraçados, como demonstra a Figura 31.

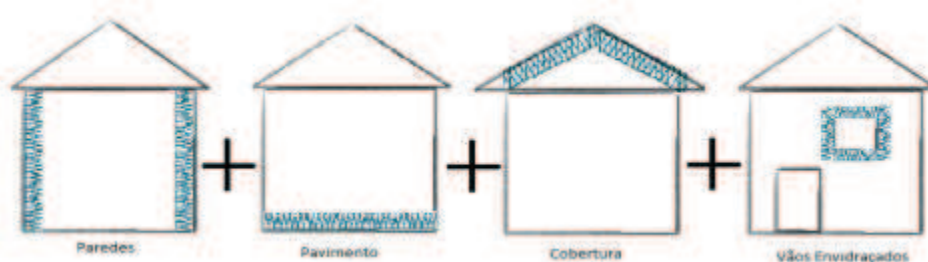


Figura 31 - Envolvente do edifício.

Uma forma de melhorar termicamente os edifícios é a aplicação de isolamento térmico. O isolamento térmico é uma solução eficiente e simples para reduzir o consumo de energia e é fundamental para proteger o interior dos edifícios das variações climáticas, oferecendo desta forma conforto aos seus ocupantes (Aleixo, 2015). O principal objetivo é manter o ar interior da habitação a uma temperatura confortável, e para tal é necessário evitar a entrada de correntes de ar quente e frio.

A função principal é o aumento da resistência térmica na 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.

O poliestireno expandido (EPS), o poliestireno extrudido (XPS), a espuma de poliuretano (PUR), o aglomerado negro de cortiça e a lã mineral são materiais porosos de baixa densidade utilizados frequentemente como isolantes térmico e são aplicados de acordo com as suas propriedades, nomeadamente a espessura que é definida mediante o cálculo térmico (Ruas, 2001).

### 6.5.1 Paredes exteriores

As paredes são os elementos da envolvente do edifício responsáveis por cerca de 25% das perdas térmicas num edifício (Aleixo, 2015). A aplicação do isolamento térmico nas paredes pode ser concebida de três formas: pelo interior, exterior ou na caixa-de-ar da parede.

O Isolamento aplicado no exterior é o cenário ideal na reabilitação (Figura 32), pois não provoca perturbação na ocupação da habitação e permite aproveitar a inércia térmica das paredes garantindo assim a eliminação das pontes térmicas e a redução dos riscos de condensações. Apesar do isolamento térmico pelo exterior proporcionar uma melhoria no conforto e na eficiência energética do edifício, descarateriza as fachadas antigas, podendo provocar sobreaquecimento nas fachadas expostas a forte radiação solar, assim como apresenta custos elevados quando comparado com as outras formas de isolamento.

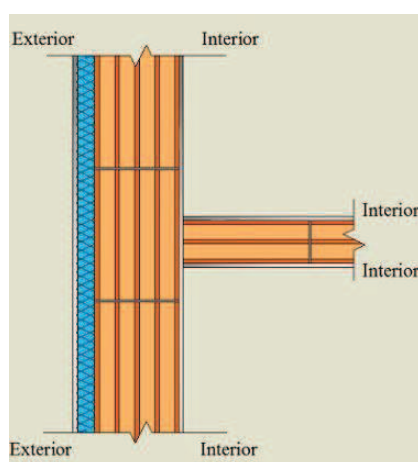


Figura 32 - Exemplo de isolamento na parede pelo exterior (Fonte: IteCons, 2011).

O Isolamento aplicado no interior (Figura 33) tem a vantagem de permitir a preservação das fachadas originais. Contudo, não é tão eficaz no ponto de vista térmico uma vez que se torna difícil isolar determinados pontos, não permitindo o aproveitamento da inércia térmica existente nas paredes e reduzindo ainda o espaço útil interior da habitação. No entanto é uma opção viável face aos custos reduzidos se comparado com a solução anterior.

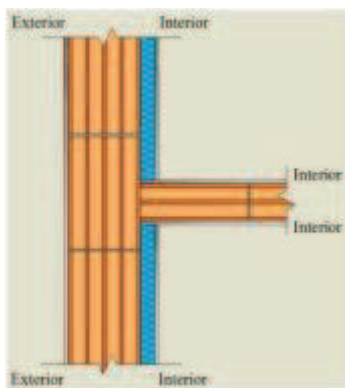


Figura 33 - Exemplo de isolamento na parede pelo interior (Fonte: IteCons, 2011).

O preenchimento da caixa-de-ar com espuma isolante nas paredes duplas (Figura 34) tem as seguintes vantagens: não reduz o espaço útil da habitação, permite preservar as fachadas originais e ainda possibilita o aproveitamento da inércia térmica existente nas paredes, etc.. Esta opção, apesar de ser rentável, apenas é possível através da existência de um espaço vazio em paredes duplas, não sendo possível garantir uma distribuição homogênea do produto no interior da parede.

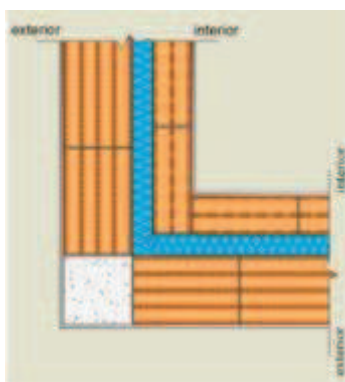


Figura 34 - Exemplo de isolamento com preenchimento na caixa-de-ar (Fonte: IteCons, 2011).

## 6.5.2 Cobertura

A cobertura é o elemento construtivo com maior importância num edifício por fornecer proteção aos agentes atmosféricos contribuindo assim para o conforto e eficiência energética. Este elemento é sujeito a maiores flutuações térmicas. A aplicação de isolamento térmico é fundamental para criar uma barreira à transmissão de calor para o exterior e intervir na redução das necessidades energéticas (Soares, 2016).

A aplicação de isolamento térmico na cobertura distingue-se segundo as seguintes soluções:

- Coberturas inclinadas – estas podem ser isoladas nas vertentes ou na esteira horizontal. No caso de o desvão ser habitável, aplica-se o isolamento nas vertentes, e, se este não for habitável, poderá aplicar-se o reforço sobre a esteira horizontal. Em caso de não ser possível a remoção do revestimento

exterior deve-se aplicar o isolamento térmico na face inferior da sua estrutura, ver Figura 35. A sua aplicação deve assegurar a existência de um espaço de ar ventilado, entre o revestimento exterior da cobertura (normalmente telha) de maneira a evitar a degradação dos materiais. Já o isolamento na esteira horizontal é aplicado se o desvão for acessível e garantindo uma boa ventilação.



a) Isolamento aplicado na face superior da esteira de teto

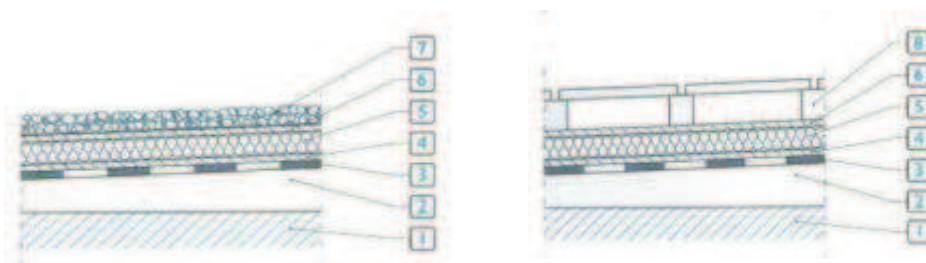
b) Isolamento aplicado na face superior da esteira do teto

Legenda:

1-Revestimento de tecto; 2-Laje de esteira; 3-Isolamento térmico; 4-Proteção superior (eventual) do isolamento térmico; 4a-Revestimento de piso; 5-Desvão; 6-Revestimento de cobertura

Figura 35 – Isolamento térmico em cobertura inclinada (Henriques, 2007).

- Coberturas planas - existem três opções, sendo que estas diferem quanto ao posicionamento do isolamento térmico: superior, intermédio e inferior. O isolamento térmico pela face superior da cobertura, sob ou sobre a impermeabilização, tem como vantagem de proteger este contra as variações térmicas e a radiação ultravioleta, aumentando a sua vida útil, esta solução é conhecido como cobertura invertida, Figura 35. A aplicação de um isolante térmico na face inferior da esteira, deve sempre ser integrada num teto-falso desligado daquela e apresenta o inconveniente de não proteger termicamente a estrutura. A opção de aplicar o isolamento térmico em posição intermédia entre a esteira horizontal e a camada de forma constitui uma solução remota em reabilitação, dado exigir o levantamento da camada de forma.



Legenda:

1-Laje de esteira; 2-Camada de forma; 3-Impermeabilização; 4-Feltro sintético; 5-Isolamento térmico; 6-Feltro sintético (eventual); 7-Proteção pesada (inertes soltos); 8-Proteção pesada (lagentas sobre apoios pontuais)

Figura 36– Isolamento térmico em coberturas planas (Henriques, 2007).

### 6.5.3 Pavimento

O pavimento é um elemento construtivo da envolvente que pode atingir 20% (Soares, 2016) das perdas de calor totais de um edifício. Os pavimentos que estejam em contacto direto com o ambiente exterior ou com espaços úteis não aquecidos devem possuir isolamento térmico de forma a aumentar o conforto interior e diminuir os riscos de condensações superficiais. O isolamento térmico pode ser aplicado de três maneiras: na face inferior do pavimento (indicado em reabilitações não destrutivas) quando essa zona do pavimento é acessível, na zona intermédia, sendo necessário recorrer a uma reabilitação destrutiva ou parcialmente destrutiva para inserir o isolamento no pavimento, ou na face superior, através de um isolante com adequada resistência à compressão para não perder espessura relativamente às atividades que possam ser exercidas nessa zona do pavimento.

### 6.5.4 Vãos envidraçados

Os envidraçados assumem um papel muito importante devido às perdas e ganhos de calor que ocorrem através dessa superfície.

A reabilitação térmica dos vãos envidraçados visa: reforçar o isolamento térmico do edifício, a redução das infiltrações do ar não controlado através das juntas de caixilharia, a melhoria da ventilação natural, o aumento da captação de ganhos solares no inverno e o reforço da proteção contra a radiação solar durante o verão (redução das necessidades de consumo de energia, melhoria das condições de conforto e de qualidade do ar interior dos edifícios).

Os vidros duplos oferecem maior capacidade de isolamento quando comparado com um vidro simples, visto que a presença de ar entre vidros permite reduzir as perdas de calor no inverno e ganhos de calor indesejáveis no verão. Relativamente à caixilharia, estas desempenham uma função importante na dissipação de calor, pois algumas possuem corte térmico com propriedades térmicas mais aconselháveis.

Na reabilitação dos envidraçados deve ter-se em atenção o controlo dos ganhos solares, podendo ser realizado através:

- Gestão da área dos envidraçados: quanto maior for a área do envidraçado maior serão os ganhos solares, contudo pode ser prejudicial na estação de arrefecimento devido ao excesso de ganhos solares. A área de envidraçados não deve exceder os 15% da área de compartimentos (DL 118/2013), pois pode causar sobreaquecimento nas estações quentes.
- Aplicação de envidraçados de baixa emissividade: a utilização de vidros duplos por si só não confere controlo nos ganhos solares, deve-se utilizar uns vidros de “controlo solar”, vulgarmente designado por vidro colorido.
- Utilização de dispositivos de sombreamento eficazes: consistem em dispositivos que conseguem controlar a radiação solar direta, de forma a garantir as condições de conforto térmico no interior.

## 7. Medidas de melhoria térmica dos espaços identificados na SCMCB

A partir da análise das possibilidades sugeridas e tendo em consideração as características das construções, as medidas de intervenção térmica mais adequadas apresentam as seguintes premissas:

- Manutenção dos materiais existentes, sempre que for possível a sua manutenção;
- Manutenção das características exteriores para não afetar a traça arquitetónica do convento da Graça;
- A melhoria do desempenho térmico sem o prejuízo de outras áreas como a qualidade do ar interior, através da aplicação de materiais não poluentes, ou condições de insalubridade, como por exemplo a criação de humidades interiores.

Como já foi referido na análise dos dados obtidos, os espaços identificados com maiores fragilidades térmicas são Pavilhões A e B. Deste modo serão apresentadas algumas soluções de melhoria a nível de conforto térmico, incidentes nos elementos da envolvente opaca e nos vãos envidraçados.

### 7.1 Pavilhão A

Os espaços com desconforto térmico interior identificados por parte dos utentes encontram-se identificados na Figura 37.

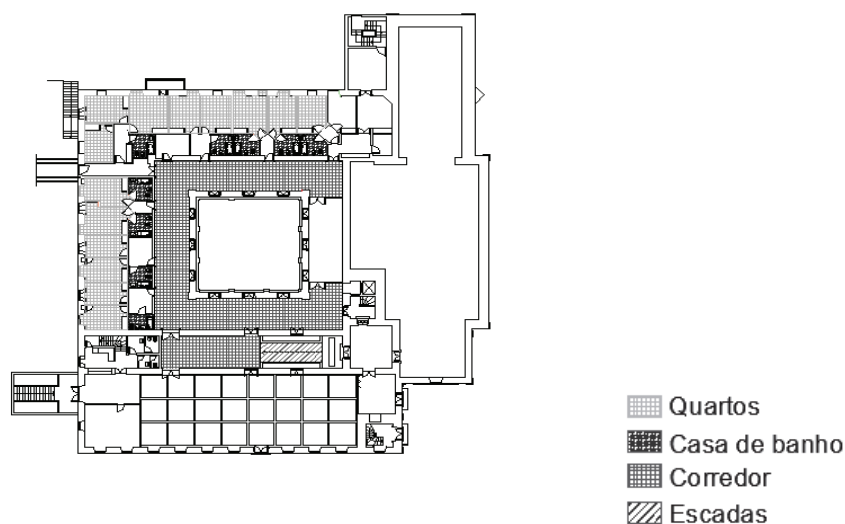


Figura 37 - Localização dos espaços com desconforto térmico do Pavilhão A.

Como proposta de melhoria no espaço dos quartos sugere-se a aplicação de isolamento térmico e substituição/ reparação dos vãos envidraçados, estas medidas serão descritas seguidamente nas soluções A e B.

## Solução A – Isolamento térmico das paredes da envolvente exterior

Na parede exterior de alvenaria de pedra, obteve-se um valor de coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , de  $2,12 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (ver Tabela 8), não cumprindo assim o valor  $U$  máximo admissível de elementos verticais em relação a zona climática =  $1,75 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , estipulado pelo REH. Assim, a promoção do conforto térmico consiste num controlo mais eficiente nas trocas entre os espaços dos edifícios, o que irá traduzir-se na necessidade de aplicar o isolamento na envolvente interior. Deste modo, para o edifício em estudo, o isolamento mais viável será pelo interior das fachadas, por motivos de ordem arquitetónica e histórica.

Na Tabela 33, é quantificado o valor para a existência de uma solução construtiva que cumpra os requisitos estabelecidos pelo REH, ou seja, com um coeficiente de transmissão térmica máxima admissível de  $1,75 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , optou-se pela aplicação de isolamento de poliestireno expandido, com uma espessura de 6cm.

Tabela 33 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da envolve exterior com isolamento.

| Parede exterior  | Espessura (m) | Cond. Térmica ( $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ) | Res. Térmica $R_j$ ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ) | Referência |
|--|---------------|---|--|------------|
| $R_{se}$   |               |   | 0,04   |            |
| 1-Argamassa e reboco tradicional   | 0,04          | 1,30  | 0,031  |            |
| 2-Alvenaria de pedra granítica   | 0,67          | 2,80  | 0,239  |            |
| 3-Argamassa e reboco tradicional   | 0,04          | 1,30  | 0,031  | ITE50      |
| 4-Isolamento térmico poliestireno expandido moldado ( $20\text{kg/m}^3$ )          | 0,06          | 0,04  | 1,62   |            |
| 5-Gesso cartonado  | 0,02          | -----   | 0,08   |            |
| $R_{si}$   |               |   | 0,13   |            |
| Espessura total da parede: 0,85m   |               |   |  |            |
| Coeficiente de transmissão térmica: $U=0,461 \text{ (W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ |               |   |  |            |

Com a aplicação de isolamento térmico nos elementos da envolvente interior do edifício (ver Figura 38), obtém-se um novo coeficiente de transmissão térmica de  $U=0,461 \text{ (W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ , deste modo o valor já se encontra abaixo do valor  $U$  máximo das paredes exteriores estabelecido pelo REH, conclui-se desde logo que existe uma redução notória dos seus valores, o que antecipa uma melhoria do comportamento térmico do edifício com as soluções de isolamento térmico propostas para a sua envolvente.

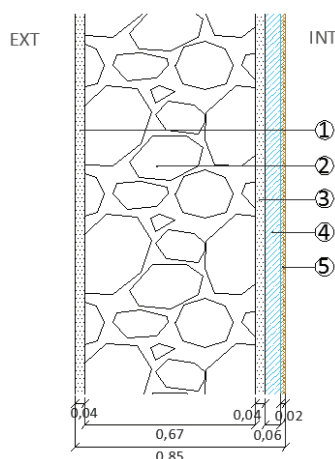


Figura 38 – Esquema da solução construtiva com isolamento térmico pelo interior.

Sendo a envolvente do edifício em pedra granítica, e pela não existência de pilares ou talões de vigas, nem caixas de estores, salienta-se a não existência de pontes térmicas planas, sendo que a designada zona corrente da envolvente não é interrompida, a não ser pelos vãos envidraçados.

O principal objetivo desta técnica é minimizar as trocas de calor com o exterior e, consequentemente, reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento, além de reduzir a ocorrência de condensações com o aumento da temperatura superficial do elemento.

### **Solução B - Alteração vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados são elementos muito importantes no desempenho térmico de um edifício. Neste caso, os vãos envidraçados existentes são em madeira com quadrículas e vidro simples apresentando uma vedação de juntas deficiente.

Em termos de melhoria energética propõe-se as seguintes soluções de acordo com o estado de conservação das mesmas:

- Se caixilharia estiver em bom estado: trocar vidro simples por duplo (caso o caixilho o permita) visto que a substituição por vidros duplos reduzem as perdas térmicas e as necessidades de aquecimento, diminuem a ocorrência de condensações, melhoram o conforto térmico e acústico e a qualidade da construção;

- As caixilharias degradadas sem reparação viável: substituir por novos elementos com caixilharia em madeira;

As intervenções propostas não excluem a necessidade de vedar as caixilharias em todas as suas uniões, utilizando-se borrachas de vedação entre as suas partes móveis;

## **7.2 Pavilhão B**

A Figura 39 identifica a localização dos espaços do Pavilhão B com desconforto térmico identificados pelas pessoas idosas.

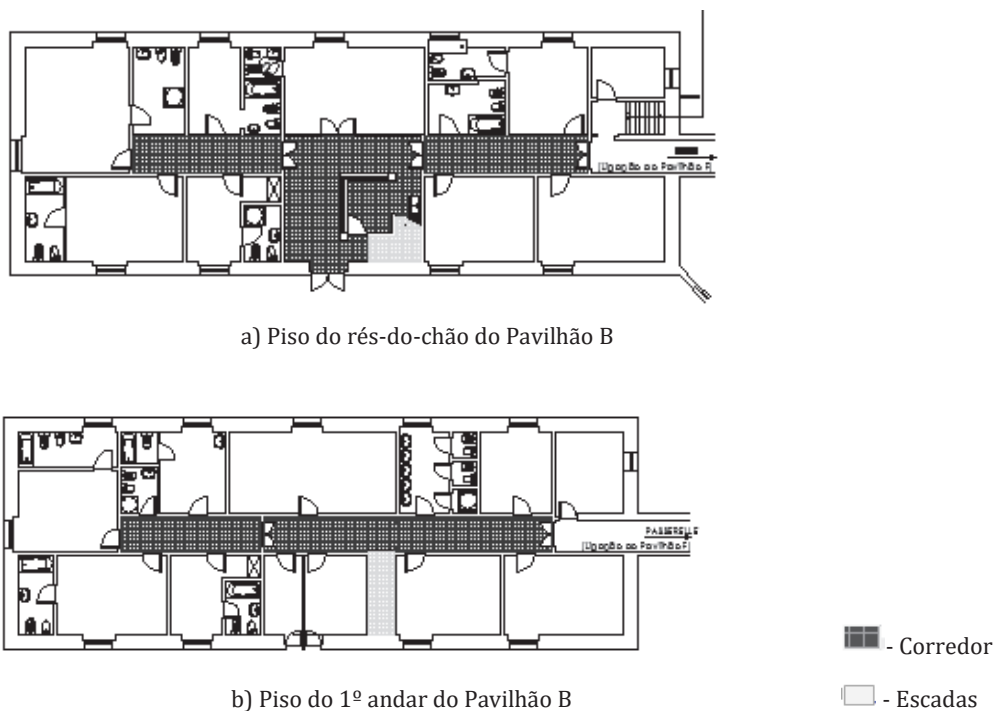


Figura 39 – Localização dos espaços com desconforto térmico do Pavilhão B.

As medidas propostas de intervenção nas zonas do corredor e das escadas dos dois pavilhões (A e B) são comuns, sendo constituídas pela aplicação de isolamento térmico nos pavimentos, corresponde a solução A e na cobertura, a solução B. Estas soluções são seguidamente abordadas.

### **Solução A – Isolamento térmico nos pavimentos**

O pavimento eficientemente isolado ajuda a manter a temperatura ambiente, o conforto interior e reduz as condensações no interior da casa. Os pavimentos térreos devem ser sempre isolados. Embora seja uma solução fácil de executar quando prevista em fase de projeto ou construção, para sua aplicação a edifícios existentes não é solução simples e tem custos elevados. Este sistema consiste em colocar placas de poliestireno extrudido sob o ripado, caso seja pavimento de madeira, ou sob a argamassa de assentamento, no caso dos pavimentos cerâmicos ou pedra.

Esta solução irá implicar grandes alterações, uma vez que, o pavimento novo ficará mais alto e as portas e as guarnições terão de ser cortadas à medida. Considerando ainda a ocupação como lar de idosos, onde a maioria dos utentes tem mobilidade reduzida, e alguns movimentam-se em cadeiras de rodas, esta solução não apresenta qualquer melhoria para este espaço.

### **Solução B – Isolamento térmico na cobertura**

A cobertura é a parte dos edifícios sujeita a maiores variações térmicas. Está por isso entre os elementos da envolvente que mais condicionam o desempenho térmico do edifício. Enquanto no verão é necessário evitar o sobreaquecimento das coberturas

e a transmissão de calor ao interior, no inverno é necessário evitar as perdas de calor para o exterior.

A cobertura dos dois edifícios tem um sótão acessível não aquecido (ver Tabelas 8 e 10), sendo possível intervir em termos de melhoria do desempenho energético através da aplicação de isolamento térmico sobre a esteira horizontal (ver Figura 39). Esta solução é mais económica, com uma execução mais simples e possibilita a maximização da rentabilização do material isolante.

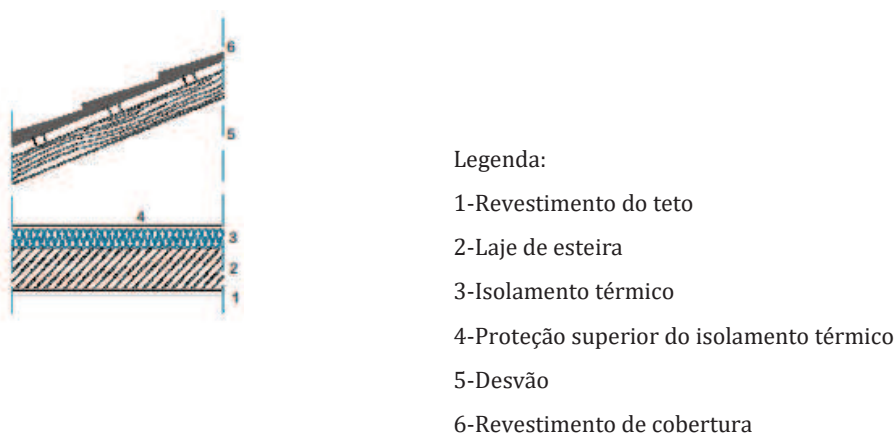


Figura 40 – Esquema de isolamento térmico na esteira horizontal (Henriques, 2007)

Esta solução é considerada como a mais apropriada, pois a cobertura recobre os espaços identificados como locais de desconforto térmico nos pavilhões A e B em estudo, sendo que deste modo é possível promover as melhorias necessárias para melhorar o conforto térmico no espaço interior e o bem-estar dos utentes.

### 7.3 Análise e conclusão da avaliação das diversas soluções

Ao longo deste capítulo, foram apresentadas várias soluções de intervenção com aplicação de isolamento térmico, tendo em consideração as tipologias construtivas existentes dos dois pavilhões em estudo. Para todas estas soluções de intervenção são apresentadas uma melhoria no desempenho térmico dos edifícios, contribuindo para obtenção de condições de conforto térmico. No entanto, pode-se retirar através de uma análise crítica das vantagens com aplicação do isolamento térmico, como se observa seguinte análise.

Análise crítica das soluções de intervenção com aplicação de isolamento térmico em:

#### No interior das fachadas

- Não elimina as pontes térmicas;
- Redução da inércia térmica interior;
- Para a aplicação do isolante térmico no interior da fachada requer a desocupação do espaço interior habitável;
- Implica a redução da área útil.

- Na face superior do pavimento**
- Implica a redução da área útil;
  - Implica a redução do pé-direito do edifício;
  - Aumenta a espessura do pavimento, criando um degrau, dificultando a acessibilidade dos utentes
- Na esteira horizontal da cobertura**
- Não protege a estrutura contra as variações térmicas de origem climática;
  - Favorece as condensações climáticas.

Não existe soluções perfeitas, uma vez que entre si apresentam vantagens e desvantagens, pelo que é fundamental a correta execução da solução adotada.

De salientar que, a escolha de cada solução deverá ter em atenção não só aspetos técnicos, como também económicos e ambientais, de forma a promover a redução de recursos de energia não renováveis, a diminuição de utilização de equipamentos de climatização e dos consumos energéticos para melhorar o conforto térmico.

## **8. Conclusão e Trabalhos futuros**

### **8.1 Conclusão geral**

Na execução deste trabalho foi uma mais valia na consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado em Construção Sustentável e também permitiu aprofundar os temas como o conforto térmico e a reabilitação energética em edifícios. Este relatório consiste na descrição do trabalho executado, decisões tomadas e tarefas concluídas durante a realização do estágio na SCMCB. Ao longo dos diversos capítulos começou-se por analisar conceitos e parâmetros de conforto térmico de forma genérica até à análise de um caso de estudo. Efetuou-se um levantamento e caracterização das soluções construtivas dos edifícios da sede da SCMCB destinados à utilização de lar de idosos. Observou-se a existência de uma diversidade de tipologias construtivas condicionam assim o conforto térmico dos utentes, agravada pelas características da população sénior que utiliza estes edifícios ocupados como lares de idosos

Para além disso, permitiu definir algumas estratégias de intervenção assim como dotar a SCMCB de um conhecimento mais aprofundado sobre as características do seu património edificado e qualidade térmica oferecida aos utentes dos seus lares de idosos. Estas propostas de intervenção colaboram para a definição de prioridades de intervenção, com dados que fundamentam as soluções a adotar e os locais a intervir.

A análise do desempenho térmico das soluções existentes e das intervenções de reabilitação energética propostas foram realizadas considerando as tipologias existentes dos edifícios em análise e de acordo com a metodologia do Regulamento das Características do Desempenho Térmico dos Edifícios de Habitação (REH), de forma a melhorar o conforto térmico e reduzindo a utilização de equipamentos de climatização.

Recorreu-se a diversas obras bibliográficas através da pesquisa em diversos repositórios de informação de Universidades e Escolas Superiores, bem como bibliografia internacional.

### **8.2 Conclusões específicas**

O presente estudo permitiu caracterizar os edifícios destinados à utilização como lares de idosos e identificar os espaços mais desagradáveis em termos de conforto térmico para os utentes seniores. As especificidades da população envelhecida e as dificuldades da regulação térmica do corpo humano a partir de uma determinada idade são fatores fundamentais para promover ambientes confortáveis nesta tipologia de espaços.

Os inquéritos realizados, neste trabalho, permitiram conhecer as sensações térmicas expressas pelos utentes da SCMCB em termos de conforto térmico dos espaços nos edifícios que eles frequentam diariamente. Na análise dos inquéritos foram calculadas as sensações térmicas médias (STM) e o índice de PPD, que

permitiram identificar que a maioria dos pavilhões se encontravam dentro dos valores limites normativos de conforto térmico, exceto o pavilhão A e o pavilhão B.

Salienta-se que a caracterização das soluções construtivas dos edifícios só foi possível para as paredes exteriores, através da realização de ensaios “*in situ*” destrutivos. Em outros casos, a solução foi arbitrada tendo em conta o ano de construção do edifício. Atendo ao desempenho térmico das soluções construtivas, do pavilhão A e B são os que apresentam valores de coeficiente de transmissão térmica (U) mais elevados, ou seja, superior ao limite dos requisitos da legislação (REH), enquanto que os restantes pavilhões apresentam valores de coeficiente de transmissão térmica (U) inferiores aos valores de referência máximos estipulados no REH.

Foram sugeridas medidas de intervenção térmica, tendo em consideração as características construtivas nos locais identificados com níveis de conforto térmico desadequadas, sendo estes os pavilhões A (quartos, casa de banho, corredor e escadas) e o pavilhão B (corredor e escadas). As propostas de intervenção consideradas mais adequadas foram sugeridas, nomeadamente a aplicação de isolamento térmico pelo interior da parede exterior, a intervenção ao nível dos envidraçados e a colocação de isolamento térmico na esteira horizontal da cobertura, permitindo assim melhores condições de conforto e qualidade do ar interior.

### 8.3 Trabalhos futuros

A avaliação realizada e apresentada neste trabalho não abrange a totalidade das variáveis da qualidade do ambiente interior dos edifícios da SMCB. Como tal, seria interessante propor e dar continuidade a este trabalho, realizando um estudo de acordo com os seguintes aspetos:

- Complementar o estudo com a realização das medições das variáveis ambientais (temperatura do ar, humidade do ar, temperatura média radiante e velocidade do ar), utilizando equipamentos técnicos específicos para cada variável;
- Realizar esta metodologia de avaliação com outras faixas etárias, como por exemplo, aos funcionários da SMCB e confrontar com os resultados apresentados nesta pesquisa;
- Efetuar os estudos idênticos ao edifício da creche, sendo o público-alvo as crianças.

## 9. Referências bibliográficas

(Abrantes, 2012) Abrantes, João B. C. - **Implicações do Conforto Térmico no Consumo Energético – Uma Hipótese de Modelo Adaptativo Aplicada ao Verão.** [S.I.]: Universidade Nova de Lisboa, 2012

(ADENE, 2009) ADENE – **Perguntas & Respostas sobre RCCTE, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios D.L. 89/2006 de 4 de Abril, 2009**

(Águas, 2010) Águas, Miguel P. N. - **Conforto Térmico - Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente.** [S.I.]: Instituto Superior Técnico, 2010

(Aleixo, 2015) Aleixo, Kevin G. – **Estudo do Reforço do Desempenho Energético de Uma Moradia Unifamiliar a Reabilitar.** [S.I.]: Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2015

(Almeida, 2010) Almeida, Hélder S. - **Análise do Conforto Térmico de Edifícios Utilizando as Abordagens Analítica e Adaptativa.** [S.I.]: Instituto Superior Técnico, 2010

(ASHRAE, 1997) ASHRAE: **Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.** Atlanta, 1997

(ASHRAE 55, 1010) ASHRAE - **American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers, 2010. Ansi/Ashrae Standard 55-2010. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** ASHRAE, Atlanta, USA.

(Brager, G e Dear, R, 1998) Brager, G e Dear, R. - **Thermal adaptation in the built environment: a literature review.** *Energy and Buildings*, 1998

(EN 15251:2007) CEN - Comité Européen de Normalisation, 2007. 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.** CEN, Brussels, Belgium.

(Dicionário da saúde) **Centro vasomotor, Dicionário da saúde** [ Em linha]. [Consultado em 5/5/2016]. Disponível em WWW: <URL: <http://dicionariosaude.com/centro-vasomotor/>>

(Coelho, 2014) Coelho, Daniel A. S. – **Avaliação do Conforto Térmico em salas de aula.** [S.I.] Escola Superior de Tecnologias e Gestão de Viseu, 2014

(DL 118/2013) Decreto-Lei nº 118/2013 - Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), 2013

(Desp Ext 15793F, 2013) Despacho Extracto 15793-F/2013 de 3 de dezembro - **Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados, 2013**

( Desp Ext 15793K, 2013) Despacho Extracto 15793-K/2013 de 3 de dezembro - Procede à publicação dos parâmetros térmicos, 2013

(Diogo, 2012) Diogo, Ana C. F. – **Sistemas envidraçados com e sem proteção solar** [S.I.]: Instituto Superior Técnico, 2012

(Esteves, 2012) Esteves - **Avaliação da QAI e do conforto térmico do departamento de Imagiologia do HDS.** [S.I.]: Instituto Superior de Agronomia, 2012

(Fanger, 1970) Fanger, P.O., 1970. **Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.** Denmark: McGraw-Hill.

(Graça, 2012) Graça, João G. R. M. – **Contribuições computacionais para o projeto de edifícios confortáveis.** [S.I.]: Instituto Superior Técnico, 2012

(Gouveia, 2012) Gouveia, Pedro M. A. – **Caracterização dos Impactes da envolvente no Desempenho Térmico dos Edifícios.** [S.I.]: Instituto Superior Técnico, Janeiro, 2008

(Henriques, 2007) Henriques, Francisco – **Reabilitação Térmica em Edifícios.** [S.I.]: Alambi, 2007

(Henriques, 2011) Henriques, Fernando M. A. – **Comportamento Higrotérmico de Edifícios.** [S.I.]: Universidade Nova de Lisboa, 2011

(ISO 7726, 1998) ISO 7726:1998 – **Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.** ISO/TC 159/SC 5, 1998

(ISO 8996, 1989) ISO 8996 - **Ergonomics of thermal environments- Determination of metabolic heat production, International Organization for Standardization, Geneva, 1989**

(ISO 10551, 2001) ISO 10551- **Ergonomics of the thermal environment. Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, 2001**

(ISO 8996: 2004) ISO 8996 - **Ergonomics of thermal environments- Determination of metabolic rate production, International Organization for Standardization, 2004**

(ISO 7730:2005) CEN – **Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005).** EN ISO 7730:2005

(ISO 9920, 2007) ISO 9920 - **Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble, 2007**

(ISO 7730, 2005) ISO 7730:2005 - **Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria: ISO/TC 159/SC, 2005**

- (ITeCons, 2011) **ITeCons – Catálogo de Pontes Térmicas Lineares**, 2011
- (LNEC, 2005) **LNEC, Evolução das tipologias construtivas em Portugal**, 2005 [Em linha]. [Consultado em 1/10/2016]. Disponível em WWW: <URL ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol\_tipol.html: >.
- (Kindangen, 1997) J Kindangen, G Krauss, P Depecker **Building and Environment**, 1997
- (Soares, 2016) Soares, Liliana M. N. – **Reabilitação Térmica de Fachadas** [S.I.] Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016
- (Matias, 2010) Matias, L., - **Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal**. [S.I.]: Instituto Superior Técnico, 2010
- (Montanheiro, 2016) Montanheiro, Fabiana P. – **Percepção Térmica de Idosos**. [S.I.] Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2016
- (Nicol et al., 1995) Nicol, F.; Humphreys, M.; Sykes, O. & Roaf, S., 1995. **Standards for Thermal Comfort. Indoor air temperature standards for the 21st century**. [S.I.] London: E & FN Spon, 1995 (First edition).
- (Oliveira et al..., 2010) Oliveira, G.; Queiroz, M.; Pagiola, R.; Ferreira, W - **Conforto térmico no ambiente de trabalho: avaliação das variáveis subjetivas da percepção do calor**, VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010
- (Pinho, 2013) Pinho, Vítor M. R. S. – **Caraterização Térmica de Vãos Envidraçados e Respetivas Proteções Solares** [S.I.] Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2013
- (Ruas, 2001) Ruas, Álvaro C. – **Avaliação de Conforto Térmico, Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. [S.I.], 2001
- (Rocha, 2013) Rocha, Tânia D. P. – **Conforto Térmico no Parque Habitacional Construído – Efeito da Envolvente Construtiva** [S.I.] Universidade do Minho, 2013
- (Romeu, 2014) Romeu, M. L. – **Soluções Construtivas de Fachadas em Edifícios de Saúde – Análise de Desempenho e Sustentabilidade**. [S.I.] Escola Superior de Tecnologias de Castelo Branco, 2014
- (SCMCB, 2015) SCMCB – **Relatório de atividades e contas**, 2015
- (Silva, 2012) Silva, João C. M. L. – **Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção**. [S.I.]: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012
- (Silva, 2002) Silva, P.C.P. **Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em visualdoe**. [S.I.]: Universidade do Porto, Portugal. 2002
- (Valério, 2007) Valério, Jorge G. M. A. P. – **Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes**. [S.I.] Universidade Técnica de Lisboa, 2007

(Xavier, 2000) Xavier, António A. P. – **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias – Teoria física aliada a estudos de campo.** [S.I.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

## **Anexos**

## Anexo I - Inquéritos aos utentes residentes da SCMCB

| <b>Inquérito aos Utentes Residentes da Santa Casa da Misericórdia</b>        |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
|--|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|--|
| <b>DADOS GERAIS</b>  |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Data:  |                       |                             |                               |                               | Hora:         |                     |  |
| Estado do dia:   |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Temperatura exterior:  |                       | °C                          |                               |                               |               |                     |  |
| Temperatura interior:  |                       | °C                          |                               |                               |               |                     |  |
| <b>INFORMAÇÃO PESSOAL</b>  |                       |                             |                               | <b>LOCALIZAÇÃO</b>            |               |                     |  |
| Nome   |                       |                             |                               |                               |               | Pavilhão            |  |
| Sexo:  | Masculino ( )         | Feminino ( )                |                               |                               |               |                     |  |
| Idade  |                       | anos                        |                               |                               |               |                     |  |
| Peso   |                       | kg                          |                               |                               |               |                     |  |
| Altura   |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| <b>CONFORTO TÉRMICO</b>  |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| 1. Na instituição, onde passa a maior parte do tempo?                        |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Sala de convívio ( )   |                       | Quarto ( )                  |                               | Outra _____                   |               |                     |  |
| 2. Em relação à sensação térmica, como se sente neste momento?               |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Divisão onde se encontra: _____  |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 3. Em relação à sensação térmica, como se sente no quarto/ sala de convívio? |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 4. Em relação à sensação térmica, como se sente no refeitório?               |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 5. Em relação à sensação térmica, como se sente na casa de banho?            |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 6. Em relação à sensação térmica, como se sente no corredor?                 |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 7. Em relação à sensação térmica, como se sente nas escadas?                 |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Ligeiramente<br>frio<br>( ) | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Ligeiramente<br>quente<br>( ) | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |  |
| 8. Onde se sente normalmente na sala de convívio?                            |                       |                             |                               |                               |               |                     |  |
| No centro da sala<br>( )   | Junto à janela<br>( ) | Junto a uma parede<br>( )   | Junto à porta<br>( )          | Junto ao<br>corredor<br>( )   |               |                     |  |

8.1. E como se sente, quando está aí sentado?

|            |      |                      |                        |                        |        |              |
|------------|------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------|
| Muito frio | frio | ligeiramente<br>frio | Nem frio nem<br>quente | ligeiramente<br>quente | Quente | Muito quente |
| ( )        | ( )  | ( )                  | ( )                    | ( )                    | ( )    | ( )          |

9. Em que parte do corpo sente mais frio, quando está sentado? \_\_\_\_\_

10. Em relação ao ambiente térmico em geral, considera-se...

|            |      |                      |                        |                        |        |              |
|------------|------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------|
| Muito frio | frio | ligeiramente<br>frio | Nem frio nem<br>quente | ligeiramente<br>quente | Quente | Muito quente |
| ( )        | ( )  | ( )                  | ( )                    | ( )                    | ( )    | ( )          |

**ASSINALE O QUE TEM VESTIDO**

|  |     |       |  |                                      |     |  |  |
|--|-----|-------|--|--------------------------------------|-----|--|--|
| <b>Roupa interior</b>                  |     |       |  | <b>Camisas/blusas</b>                |     |  |  |
| Camisola cavada                        | ( ) |       |  | Manga curta                          | ( ) |  |  |
| T-shirt                                | ( ) |       |  | Normal, manga comprida               | ( ) |  |  |
| Camisola interior de manga<br>comprida | ( ) |       |  | Camisa de flanela, manga<br>comprida | ( ) |  |  |
| <b>Calças</b>                          |     |       |  | <b>Vestidos/saias</b>                |     |  |  |
| Calção                                 | ( ) |       |  | Saias de Verão (leves)               | ( ) |  |  |
| Normais                                | ( ) |       |  | Saias de Inverno (pesadas)           | ( ) |  |  |
| Flanela                                | ( ) |       |  | Vestido de Inverno                   | ( ) |  |  |
| <b>Camisolas</b>                       |     |       |  | <b>Casaco</b>                        |     |  |  |
| Colete                                 | ( ) |       |  | Casaco fiavel                        | ( ) |  |  |
| Malha fina                             | ( ) |       |  | Casaco meia estação                  | ( ) |  |  |
| Normal                                 | ( ) |       |  | Casaco malha grossa                  | ( ) |  |  |
| Malha grossa                           | ( ) |       |  |                                      |     |  |  |
| <b>Calçado</b>                         |     |       |  | <b>Diversos</b>                      |     |  |  |
| Sapatos                                | ( ) |       |  | Meias pelo tornozelo                 | ( ) |  |  |
| Botas                                  | ( ) |       |  | Meias calças                         | ( ) |  |  |
| <b>Outro:</b>                          |     | _____ |  |                                      |     |  |  |
|  |     | _____ |  |                                      |     |  |  |

## Anexo II - Inquéritos aos utentes do Centro de Dia da SCMCB

| Inquérito aos Utentes do Centro de Dia da Santa Casa da Misericórdia |                       |                           |                               |                             |               |                     |
|--|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------|
| <b>DADOS GERAIS</b>  |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Data: _____  |                       |                           | Hora: _____                   |                             |               |                     |
| Estado do dia: _____   |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Temperatura exterior: _____ °C                                       |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Temperatura interior: _____ °C                                       |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| <b>INFORMAÇÃO PESSOAL</b>  |                       |                           |                               | <b>LOCALIZAÇÃO</b>          |               |                     |
| Nome: _____  |                       |                           |                               | Favilhão: _____             |               |                     |
| Sexo: Masculino ( ) Feminino ( )                                     |                       |                           |                               | Divisão: _____              |               |                     |
| Idade: _____ anos  |                       |                           |                               | Fiso: _____                 |               |                     |
| Peso: _____ Kg   |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Altura: _____  |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| <b>CONFORTO TÉRMICO</b>  |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| 1. Na instituição, onde passa a maior parte do tempo?                |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Sala de convívio ( )   |                       |                           | Outra: _____                  |                             |               |                     |
| 2. Em relação à sensação térmica, como se sente neste momento?       |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Divisão onde se encontra: _____                                      |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |
| 4. Em relação à sensação térmica, como se sente no refeitório?       |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |
| 5. Em relação à sensação térmica, como se sente na casa de banho?    |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |
| 6. Em relação à sensação térmica, como se sente no corredor?         |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |
| 7. Em relação à sensação térmica, como se sente nas escadas?         |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |
| 8. Onde se sente normalmente na sala de convívio?                    |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| No centro da sala<br>( )   | Junto à janela<br>( ) | Junto a uma parede<br>( ) | Junto à porta<br>( )          | Junto ao<br>corredor<br>( ) |               |                     |
| 8.1. E como se sente, quando está aí sentado?                        |                       |                           |                               |                             |               |                     |
| Muito frio<br>( )  | Frio<br>( )           | Levemente<br>frio<br>( )  | Nem frio nem<br>quente<br>( ) | Levemente<br>quente<br>( )  | Quente<br>( ) | Muito quente<br>( ) |

9. Em que parte do corpo sente mais frio, quando está sentado? \_\_\_\_\_

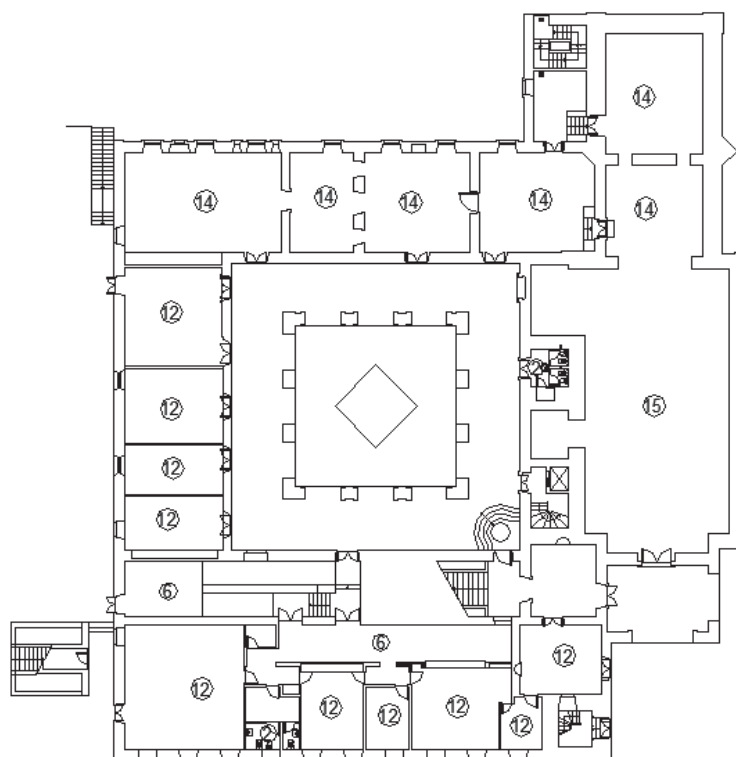
10. Em relação ao ambiente térmico em geral, considera-se...

| Muito frio | Frio | Ligeiramente frio | Nem frio nem quente | Ligeiramente quente | Quente | Muito quente |
|------------|------|-------------------|---------------------|---------------------|--------|--------------|
| ( )        | ( )  | ( )               | ( )                 | ( )                 | ( )    | ( )          |

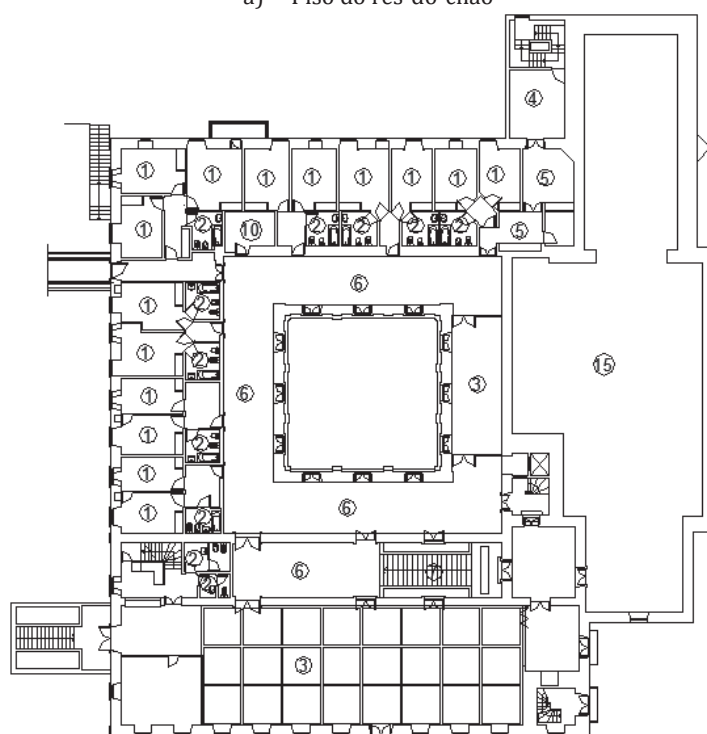
**ASSINALE O QUE TEM VESTIDO**

|                                     |     |                                   |     |
|-------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| <b>Roupa interior</b>               |     | <b>Camisas/blusas</b>             |     |
| Camisola cavada                     | ( ) | Manga curta                       | ( ) |
| T-shirt                             | ( ) | Normal, manga comprida            | ( ) |
| Camisola interior de manga comprida | ( ) | Camisa de flanela, manga comprida | ( ) |
| <b>Calças</b>                       |     | <b>Vestidos/saias</b>             |     |
| Calção                              | ( ) | Saias de verão (leves)            | ( ) |
| Normal                              | ( ) | Saias de inverno (pesadas)        | ( ) |
| Flanela                             | ( ) | Vestido de inverno                | ( ) |
| <b>Camisolas</b>                    |     | <b>Casaco</b>                     |     |
| Colete                              | ( ) | Casaco fino                       | ( ) |
| Malha fina                          | ( ) | Casaco meia estação               | ( ) |
| Normal                              | ( ) | Casaco malha grossa               | ( ) |
| Malha grossa                        | ( ) | <b>Diversos</b>                   |     |
| Calçado                             | ( ) | Meias pelo tornozelo              | ( ) |
| Despido                             | ( ) | Meias calça                       | ( ) |
| Botas                               | ( ) | Outros: _____                     |     |
| Outros: _____                       |     | _____                             |     |

## Anexo III - Planta do Pavilhão A



a) Piso do rés-do-chão



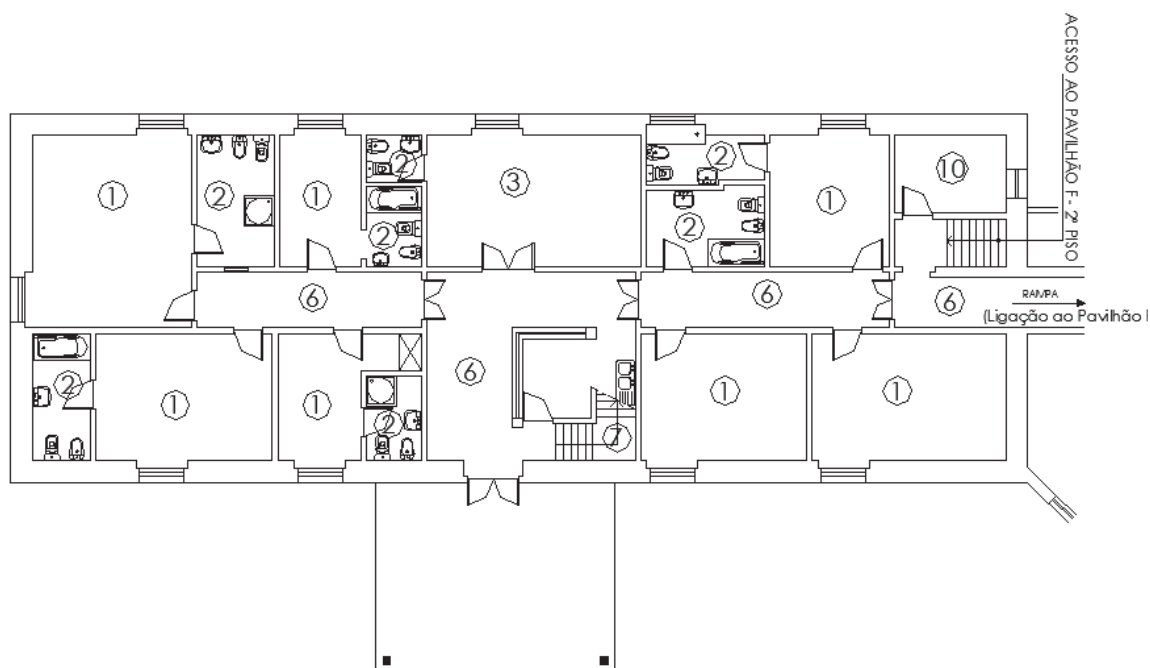
b) Piso do 1º andar

Legenda:

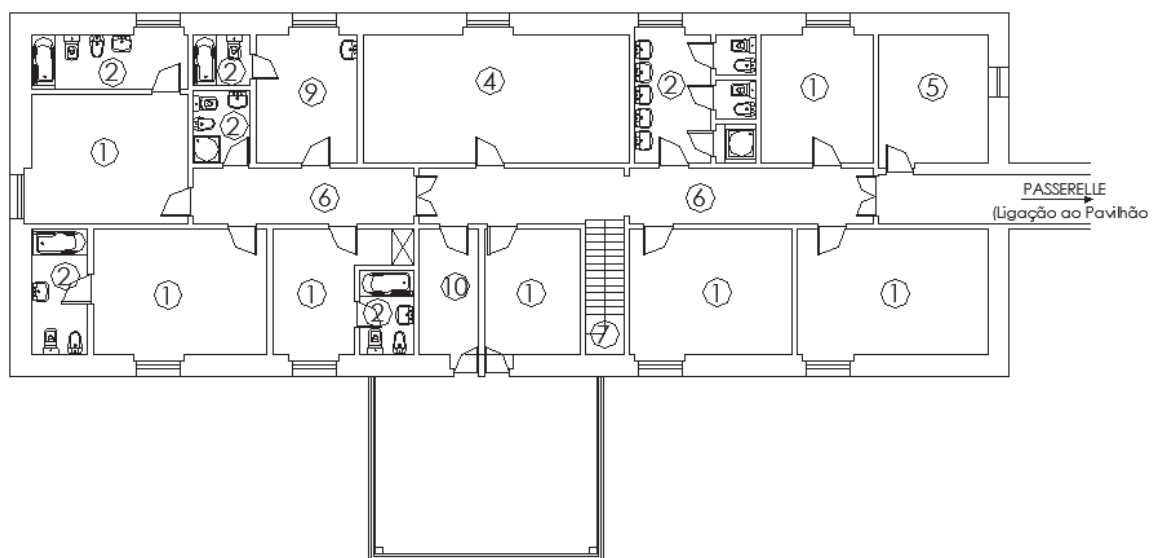
1-Quarto; 2-Casa de banho; 3-Sala de convívio; 4-Refeitório; 5-Copa; 6-Corredor; 7-Escadas; 10-Sala de pessoal; 12-Gabinetes; 14-Museu; 15-Igreja

Figura 41 - Planta do pavilhão A

## Anexo IV - Planta do Pavilhão B



a) Piso do rés-do-chão



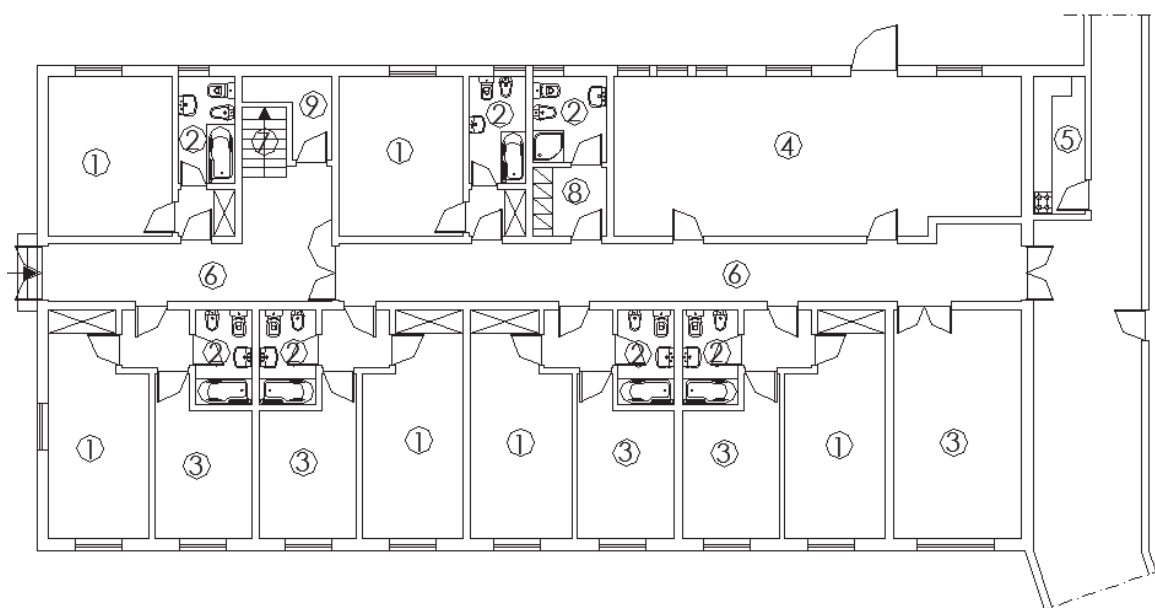
b) Piso do 1º andar

Legenda:

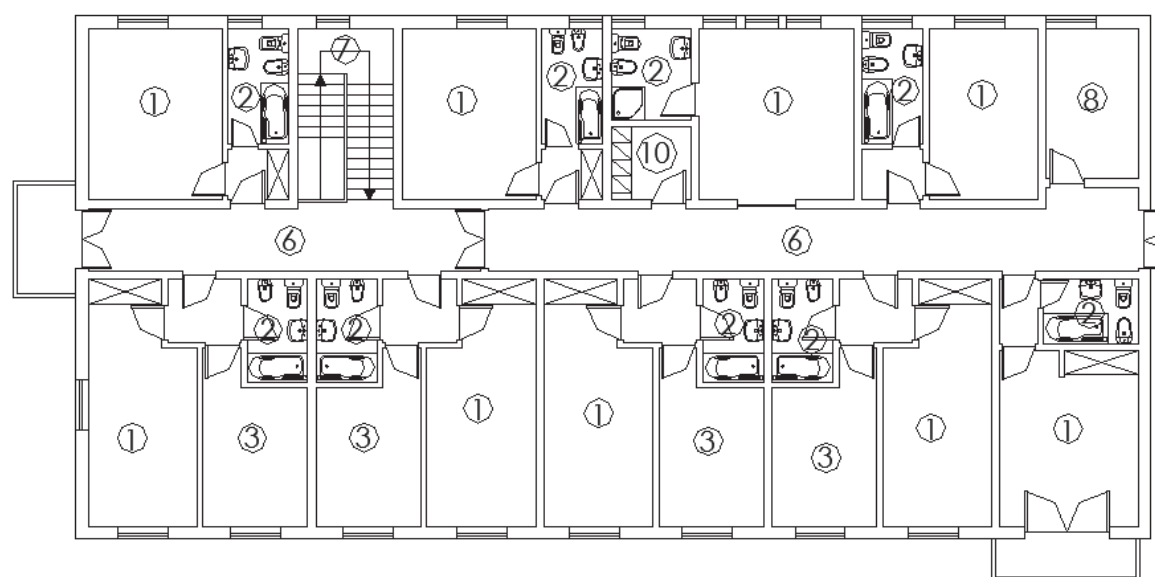
1-Quarto; 2-Casa de banho; 3-Sala de convívio; 4-Refeitório; 5-Copa; 6-Corredor; 7-Escadas; 8- Vestuário; 10- Sala de pessoal

Figura 42 – Planta do pavilhão B

## Anexo V - Planta do Pavilhão C



a) Piso do rés-do-chão



b) Piso do 1º andar

Legenda:

1-Quarto; 2-Casa de banho; 3-Sala de convívio; 4-Refeitório; 5-Copa; 6-Corredor; 7-Escadas; 8- Vestiário; 10- Sala de pessoal

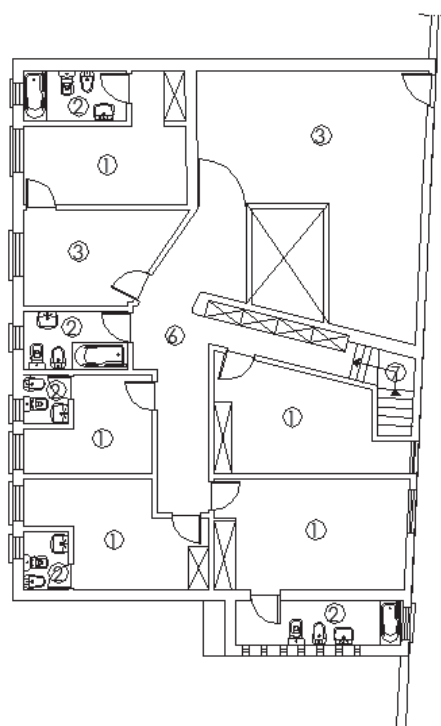
Figura 43 – Planta do pavilhão C

## Anexo VI - Planta do Pavilhão E



a) Piso do rés-de-chão

b) Piso do 1º andar



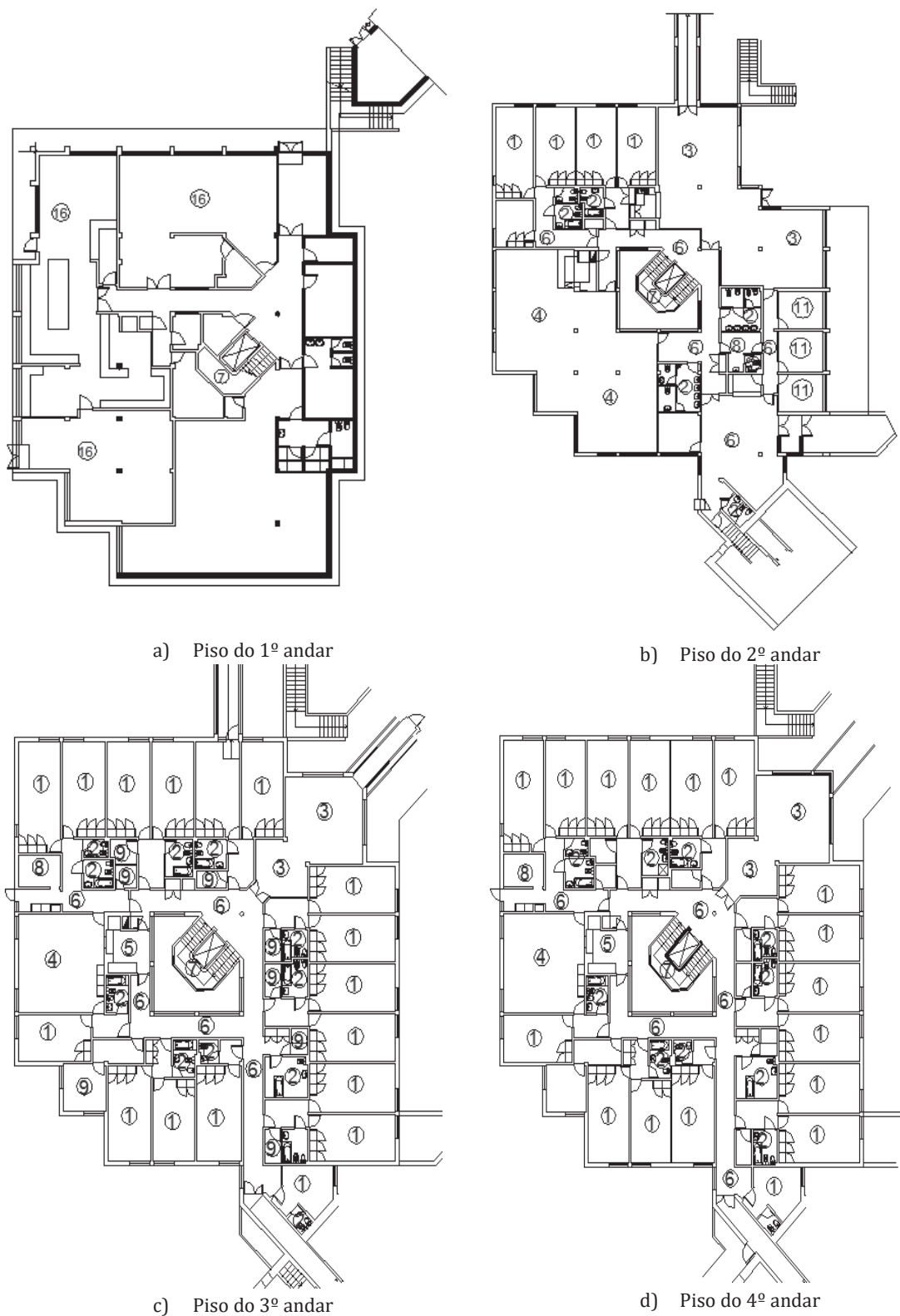
c) Piso do 2º andar

Legenda:

1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 4- Refeitório; 5- Copa; 6- Corredor; 7- Escadas; 9-Vestuário;  
10-Sala de pessoal

Figura 44 - Planta do Pavilhão E

## Anexo VII - Planta do Pavilhão F

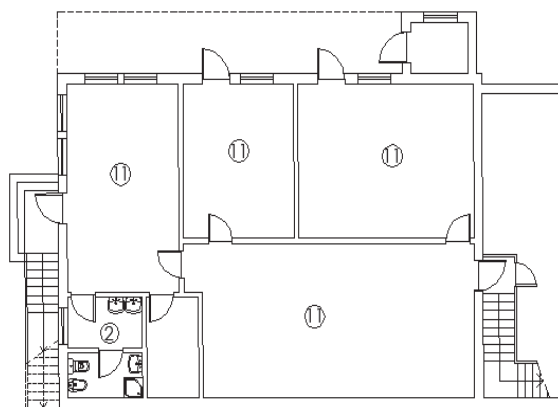


Legenda:

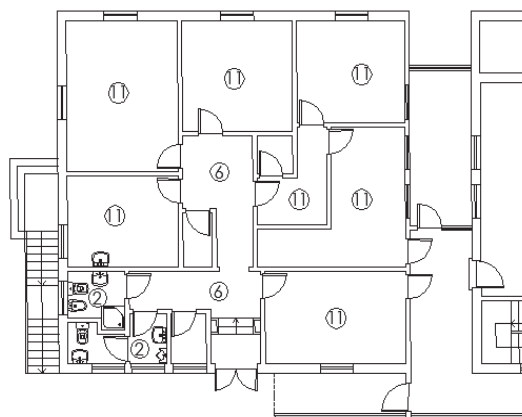
1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 4- Refeitório; 5- Copa; 6- Corredor; 7- Escadas; 9-Vestuário; 10-Sala de pessoal; 14-Cozinha

Figura 45 - Planta do Pavilhão F

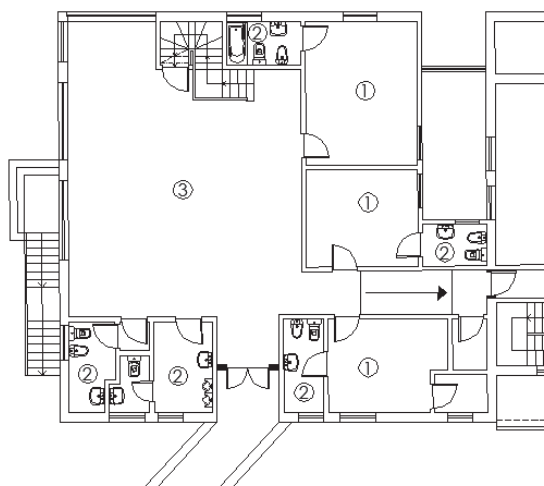
## Anexo VIII - Planta do Pavilhão G



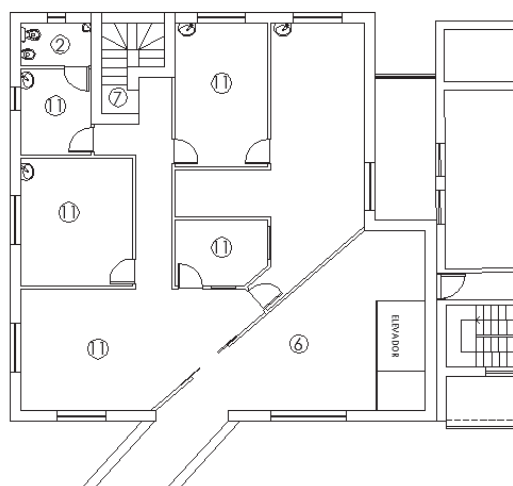
e) Piso da cave



f) Piso do rés-do-chão



g) Piso do 1º andar



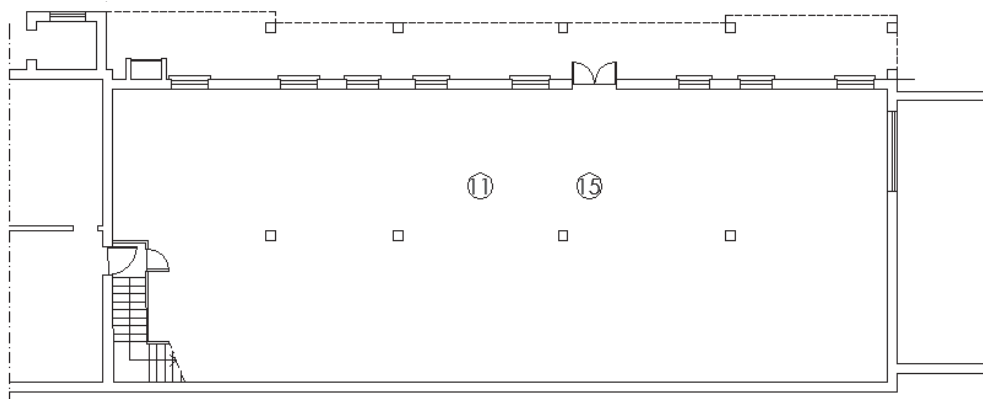
h) Piso do 2º andar

**Legenda:**

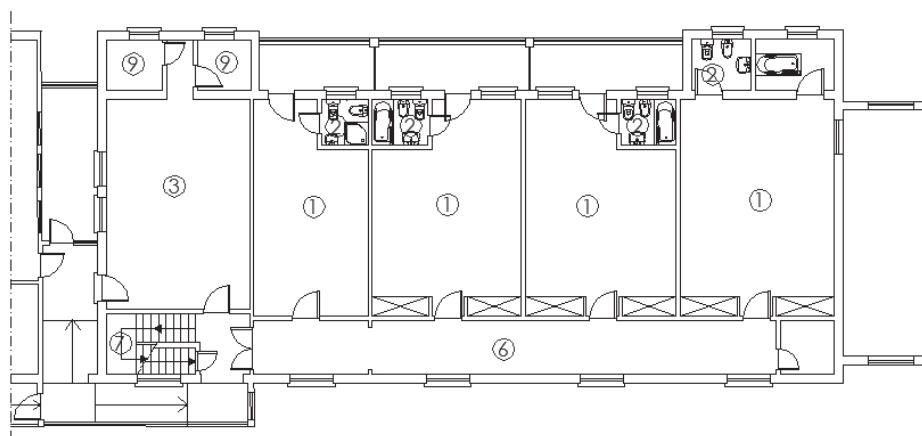
1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 6- Corredor; 7- Escadas; 11-Gabinetes

Figura 46 - Planta do pavilhão G

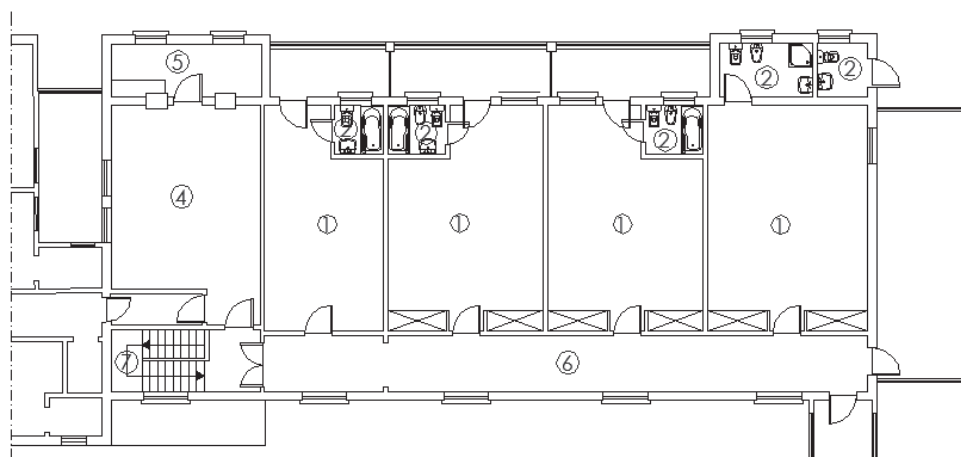
## Anexo IX - Planta do Pavilhão H



a) Piso do rés-do-chão



b) Piso do 1º andar



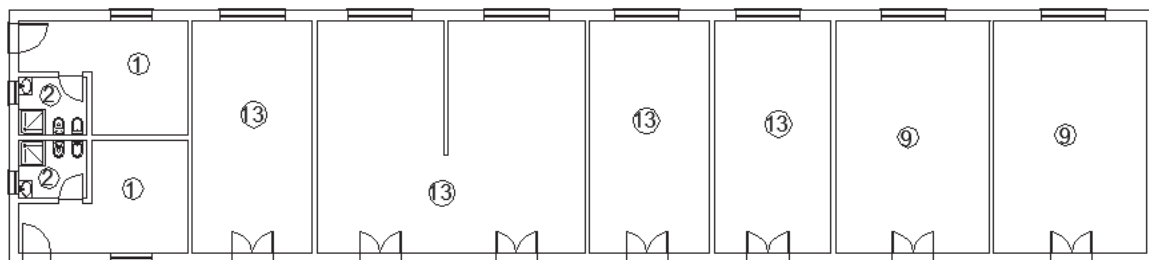
c) Piso do 2º andar

Legenda:

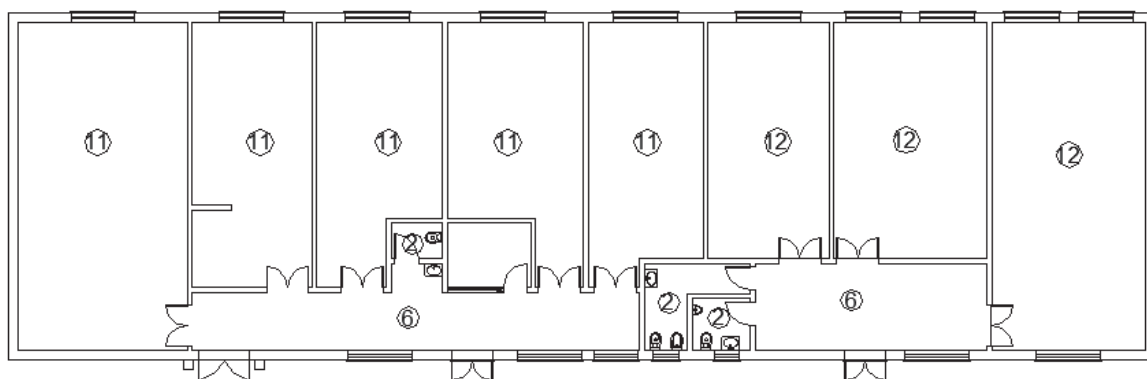
1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 4- Refeitório; 5- Copa; 6- Corredor; 7- Escadas; 11-Gabinetes; 14-Museu

Figura 47 - Planta do pavilhão H

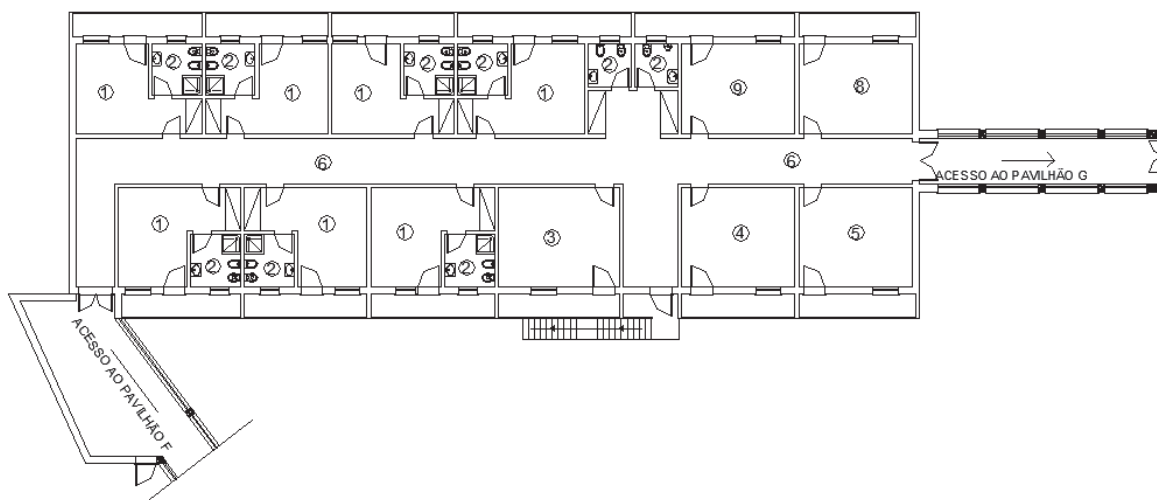
## Anexo X - Planta do Pavilhão I



a) Piso da cave



b) Piso do rés-do-chão



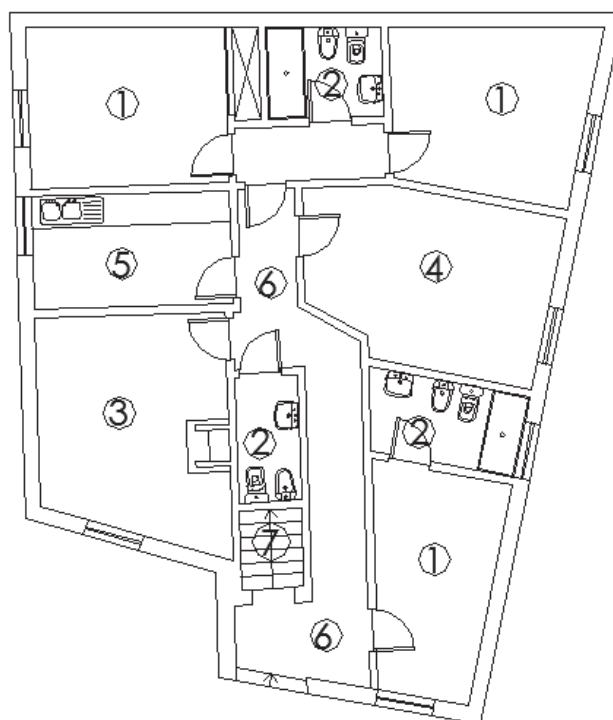
c) Piso do 1º andar

Legenda:

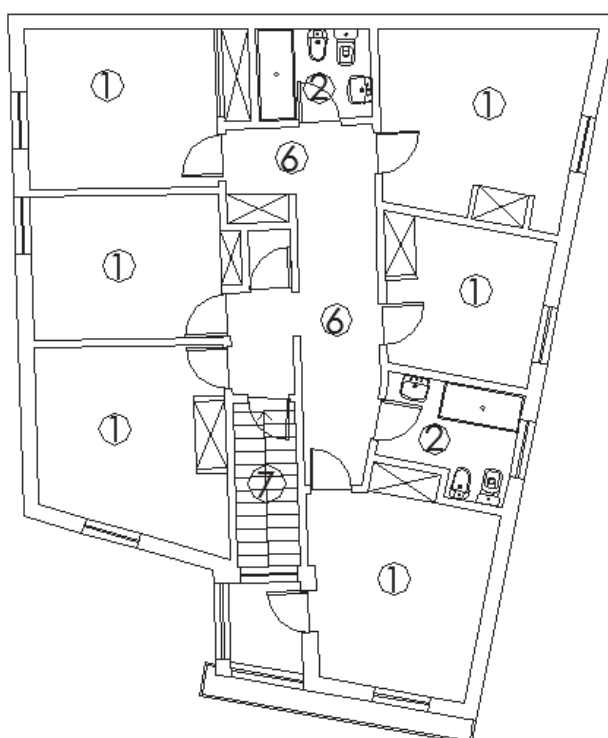
1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 4- Refeitório; 5- Copa; 6- Corredor; 7- Escadas; 8- Vestiário; 9- Arrecadação; 11-Armazém; 12-Gabinte; 13-Oficina

Figura 48 - Planta do Pavilhão I

## Anexo XI - Planta do Pavilhão J



a) Piso do rés-do-chão



b) Piso do 1º andar

Legenda:

1- Quarto; 2- Casa de banho; 3- Sala de convívio; 4- Refeitório; 5- Copa; 6- Corredor; 7- Escadas

Figura 49 - Planta do Pavilhão J