



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Luís Miguel Silveira Leite

Avaliação in-situ do comportamento térmico  
da construção vernacular

Luís Miguel Silveira Leite  
Avaliação in-situ do comportamento térmico  
da construção vernacular





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Luís Miguel Silveira Leite

Avaliação in-situ do comportamento térmico  
da construção vernacular

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Ricardo Mateus

e dos coorientadores  
Professora Doutora Sandra Silva  
Mestre Jorge Fernandes

## AGRADECIMENTOS

Esta longa viagem repleta de bons momentos, e outros de alguma sofreguidão necessários à aprendizagem, culmina com a concretização desta dissertação de mestrado. A concretização desta etapa traz consigo uma incerteza acompanhada de novos receios e desafios, mas acima de tudo uma certeza: um grande orgulho e realização pessoal. A todos aqueles que me acompanharam neste percurso, não posso deixar de expressar a minha sincera gratidão.

Ao meu orientador, o professor doutor Ricardo Mateus, agradeço todo o contributo e cooperação, a sábia orientação e pronta disponibilidade, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. A oportunidade de participar neste projeto tornou-se numa experiência positiva, gratificante e enriquecedora.

À professora doutora Sandra Silva pelo apoio e ajuda prestada no desenvolvimento deste trabalho.

Ao arquiteto Jorge Fernandes, que desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento deste projeto, agradeço todo o contributo e cooperação, bem como a paciência necessária para levar a bom porto este projeto. Os seus conselhos e motivação foram essenciais para a conclusão desta etapa.

Um grande e especial obrigado aos meus Pais e Mana, Joaquim, Angela e Clarisse pela força e apoio incondicional que sempre me concederam ao longo de todas as etapas. A todos os familiares e amigos, agradeço a motivação e apoio. Dedico especialmente este trabalho, com saudade, ao meu avô Francisco, cuja luta contra o cancro e postura inabalável, são exemplo de força e determinação.

Aos meus amigos e a todos os companheiros de viagem nesta tão nobre Academia, com quem tive o maior gosto de partilhar estes últimos seis anos, agradeço a simpatia, o companheirismo e a amizade.

Um grande obrigado a todas estas pessoas que, de uma maneira ou de outra, fizeram parte do meu trajeto.



## RESUMO

É necessário e urgente melhorar a qualidade de vida de todos e por isso a sociedade atual está obrigada a promover o desenvolvimento sustentável, a conservar e utilizar melhor os recursos naturais e a reduzir e prevenir a poluição ambiental. Neste paradigma, os edifícios revelam-se como um importante meio para atingir a redução do consumo de energia e das emissões de carbono, pois são responsáveis por grande parte do consumo final de energia e produção de resíduos. Esta escassez que parece necessária em tempos de abundância, remete-nos para um pragmatismo inerente à arquitetura vernácula e às suas estratégias, e é neste tipo de construção que se procura inspiração para técnicas de construção alternativas. Outro ângulo de atuação no sector da construção passa pelos materiais que são utilizados, posicionando-se a madeira como solução viável. Com a junção destes dois aspetos nasce o interesse da arquitetura vernácula em madeira.

Este tipo de arquitetura em Portugal tem uma forte expressão no litoral centro e norte. Foi aqui que nasceu a denominação de palheiros, não por se destinar ao apoio à agricultura, mas pela única exceção à madeira neste tipo de construção, a palha utilizada na cobertura. Foi com os pescadores e com o seu modo de vida que este tipo de construção mais se disseminou em Portugal, e foi também com a alteração do modo de vida destes que os palheiros conheceram o seu declínio. Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo avaliar *in-situ* o comportamento e as condições de conforto de um edifício que pertence ao grupo dos palheiros da Praia de Mira. Os princípios de sustentabilidade deste tipo de arquitetura vernácula são a utilização de recursos locais renováveis, a madeira, e a sua adequação ao meio, construção palafítica adequada a solos arenosos. A metodologia baseou-se em trabalho de campo composto por avaliações objetivas dos parâmetros físicos do edifício que influenciam o conforto térmico (temperatura e humidade relativa do ar, temperatura dos bolbos seco e húmido, temperatura do bolbo negro e velocidade do ar) e em avaliações subjetivas do nível de conforto dos ocupantes. O período de monitorização abrangeu as várias estações do ano, tendo-se iniciado nos finais de 2014 e finalizado no início de 2016. Os resultados deste estudo permitem constatar que é possível assegurar o limite das condições de conforto térmico ou próximo disso, no interior do edifício, na estação de arrefecimento, sem recorrer a sistemas de climatização.

**Palavras chave:** Arquitetura vernácula, Palheiros, Madeira, Sustentabilidade, Conforto Térmico.



## ABSTRACT

It is necessary and urgent to improve the quality of life for all and that is why today's society is obliged to promote sustainable development, to conserve and make better use of natural resources, and to reduce and prevent environmental pollution. In this paradigm, buildings prove to be an important means of achieving the reduction in energy consumption and carbon emissions, as they account for much of the final energy consumption and waste generation. This shortage that seems necessary in times of abundance, leads us to the pragmatism inherent in vernacular architecture and its strategies, and it is in this type of construction that inspiration is sought for alternative construction techniques. Another angle of action in the construction sector is through the materials that are used, positioning the wood as a viable solution. With the combination of these two aspects arises the interest of the vernacular architecture in wood.

This type of architecture in Portugal has a very strong expression on the north and central coast, and it was here that it received the name of “*palheiros*”, not because it was intended to support agriculture, but for the only exception to wood in this type of construction, the straw used in the cover. It was with the fishermen and their way of life that this type of construction dissipated most in Portugal, and it was also with the change of the way of life of these that the “*palheiros*” knew its decline. In this context, the main objective of this work is to evaluate *in-situ* the behaviour and comfort conditions of a building that belongs to the group of “*palheiros*” of Praia de Mira. The sustainability principles of this type of vernacular architecture are the use of renewable local resources, wood, and their suitability to the environment, palafite construction suitable for sandy soils. The methodology was based on fieldwork consisting of objective evaluations of the physical parameters of the building that influence thermal comfort (air temperature and relative humidity, dry and wet bulb temperature, black bulb temperature and air velocity) and in subjective assessments of the comfort level of occupants. The parameters monitored were the temperature and the relative humidity of the air. The monitoring period covered the various seasons of the year, starting at the end of 2014 and ending at the beginning of 2016. The results of this study show that it is possible to ensure the limit of the thermal comfort conditions or close to that, inside the building, in the cooling station, without resorting to air conditioning systems.

**Keywords:** Vernacular architecture, Palheiros, Wood/Timber, Sustainability, Thermal Comfort.





# ÍNDICE

1. Fundamentos e Objetivos .....	1
1.1. Introdução .....	1
1.2. Objetivos .....	7
1.3. Organização da Dissertação .....	8
2. Construção Sustentável .....	11
2.1. Enquadramento .....	11
2.2. Princípios da construção sustentável .....	13
2.3. Comportamento térmico e energético dos edifícios .....	15
2.4. Contributo da madeira para uma construção sustentável .....	19
2.4.1. Algumas propriedades da madeira .....	22
2.4.2. Durabilidade .....	23
2.4.3. Vantagens e desvantagens da madeira como material estrutural .....	25
3. Arquitetura Vernácula na otimização sustentável dos edifícios .....	27
3.1. Enquadramento .....	27
3.2. Estudos Semelhantes e Fontes de Investigação .....	29
3.3. Contributo da Arquitetura Vernácula para a Sustentabilidade dos Edifícios .....	37
4. Arquitetura vernácula portuguesa em madeira – Palheiros de Mira .....	43
4.1. Enquadramento .....	43
4.1.1. A origem dos Palheiros de Mira e o seu declínio .....	46
4.1.2. Situação atual em Praia de Mira .....	53
4.1.3. Função .....	57
4.1.4. Diferença entre a casa Gandaresa (vila de Mira) e Palheiros (Praia de Mira) .....	58
4.2. Principais estratégias vernáculas dos Palheiros de Mira .....	62
4.2.1. Descrição da tipologia dos palheiros .....	63
4.2.2. Materiais .....	74

4.3. Caracterização da região de Praia de Mira .....	76
5. Descrição do caso de estudo .....	79
5.1. Caracterização geral do edifício .....	79
5.2. Local de implantação do edifício .....	81
5.3. Caracterização da envolvente do edifício .....	82
6. Metodologia de avaliação do comportamento térmico e das condições de conforto.....	87
6.1. Enquadramento .....	87
6.2. Avaliações Objetivas .....	87
6.3. Avaliações Subjetivas.....	92
6.4. Modelo de Conforto Adaptativo .....	93
6.5. Modelação tridimensional do caso de estudo em ferramenta de simulação energética	95
7. Análise do comportamento térmico e das condições de conforto.....	101
7.1. Análise Preliminar .....	101
7.1.1. Caracterização das Amostras .....	101
7.1.2. Perfil de Utilização do Edifício .....	103
7.2. Análise dos resultados obtidos para o Ambiente Térmico .....	103
7.2.1. Outono 2014.....	103
7.2.2. Inverno 2014/15.....	113
7.2.3. Primavera 2015.....	121
7.2.4. Verão 2015 .....	129
7.2.5. Outono 2015 .....	135
7.2.6. Inverno 2015/16.....	142
7.3. Análise dos resultados da simulação .....	148
7.3.1. Inverno .....	148
7.3.2. Primavera .....	151
7.3.3. Verão.....	154

7.3.4. Outono .....	157
7.3.4.1. Discussão de Resultados .....	160
8. Considerações finais.....	163
8.1. Conclusões .....	163
8.2. Perspetivas para o futuro .....	168
Referências bibliográficas .....	171
Anexos.....	181



## LISTA DE ACRÓNIMOS

ADENE – Agência para a Energia

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

AVAC – Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado

BPIE – Buildings Performance Institute Europe

CMM – Câmara Municipal de Mira

DGSU – Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização

EN – Norma Europeia

EU – União Europeia

EU SILC – EU Survey on Income and Living Conditions

ICOMOS – International Council On Monuments And Sites

ISO – International Organization for Standardization

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PIB – Produto Interno Bruto

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

XPS – Poliestireno extrudido



# **1. FUNDAMENTOS E OBJETIVOS**

## **1.1. Introdução**

Ao contrário de outras espécies que procuram sobreviver em harmonia com o meio em que se inserem, a humanidade, em particular a sociedade dos últimos dois séculos, preocupa-se apenas com as suas necessidades independentemente do que estas possam causar ao ecossistema de que faz parte, pondo em causa não só a sua existência, mas também a sua subsistência a longo prazo. Por este motivo, a sustentabilidade tem assumido grande importância no seio da comunidade mundial, no entanto é necessário salientar que ser sustentável não é apenas ser ecológico, mas sim algo mais global que tem em conta o ambiente, a sociedade e a economia.

A energia e as alterações climáticas estão estreitamente interligadas, pelo facto da produção e consumo de energia de fontes não renováveis contribuir para o aquecimento global. De forma a combater o aumento das emissões de gases com efeito de estufa e a consequente destruição da camada do Ozono, vários protocolos e acordos foram assinados, como o protocolo de Quioto (1997) e o Acordo de Paris (2015). Através dos seus objetivos de mudança climática e energética, a estratégia Europa 2020 visa mudar a EU para uma economia com baixo teor de carbono baseada em fontes de energia renováveis e eficiência energética. Para isto, a estratégia Europa 2020 estabelece três objetivos para a política climática e energética, para serem alcançados em 2020 (European Commission, 2014):

- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990;
- Aumentar a quota de energia renovável no consumo de energia final em 20% ;
- Avançar para um aumento de 20% na eficiência energética.

A maioria da população mundial vive ou trabalha em cidades, e por isso estas têm um papel fundamental nestas e noutras estratégias com o objetivo de atenuar as alterações climáticas.



Existe uma ampla gama de possíveis políticas que podem ser implementadas para o aumento da eficiência da utilização dos recursos e menores níveis de poluição nas cidades, tais como, a promoção de esquemas de reciclagem para uma variedade de fluxos de resíduos; transporte “mais limpo”; ou desempenho energético de edifícios mais alto (European Commission, 2016).

Com isto em mente, facilmente se percebe que o setor da construção é fundamental para atingir os objetivos propostos. Através da extração de grandes quantidades de matérias-primas, processamento de produtos e emissão de substâncias poluentes o setor da construção não só se tornou no maior consumidor de materiais e energia, mas também se tornou numa fonte de poluição (Berge, 2000). O aumento populacional e o desenvolvimento económico fez com que imperasse uma lógica de crescimento economicista sem preocupações ambientais, conduzindo a maiores necessidades de recursos naturais e ao crescimento da indústria da construção, com efeitos ambientais relevantes (Amado *et al.*, 2015).

O setor da construção é um dos setores com maior potencial impacte ambiental, responsável por 16% da produção de resíduos da EU-28 (Figura 1). Relacionado com o mau desempenho do setor da construção, estão também as habitações e a sua eficiência energética. O consumo de energia das habitações da EU (Figura 2) é bastante representativo, mais de um quarto do total, e como consequência a quota de emissão de gases com efeito de estufa das habitações (Figura 3) também é considerável, quase um quinto. Estes dados mostram que os edifícios estão a contribuir, e muito, para a reduzida sustentabilidade do atual paradigma de desenvolvimento e, por isso, não se pode pensar numa sociedade mais sustentável ou num setor da construção com menor impacte ambiental, sem alterar o panorama atual.

Apesar desta quota considerável no consumo de energia, o EU SILC estima que 54 milhões de europeus não conseguiram manter a sua casa aquecida adequadamente em 2012 (Pye and Dobbins, 2015), ou seja, mais de um em cada dez europeus afetados (Eurostat, 2014). Esta dificuldade é conhecida como pobreza energética, muitas vezes definida como a incapacidade de indivíduos ou famílias em aquecer adequadamente as suas casas, ou fornecer outros serviços de energia necessários, a um custo acessível (Pye and Dobbins, 2015). Portugal, apesar do clima, apresenta uma percentagem elevada em dois dos três indicadores que caracterizam a pobreza energética (Figura 4), atrasos no pagamento de contas (14.5%), incapacidade em

manter o lar aquecido adequadamente (43%), moradias com infiltrações ou paredes, pavimentos ou fundações com humidade (28.4%) (BPIE, 2014).

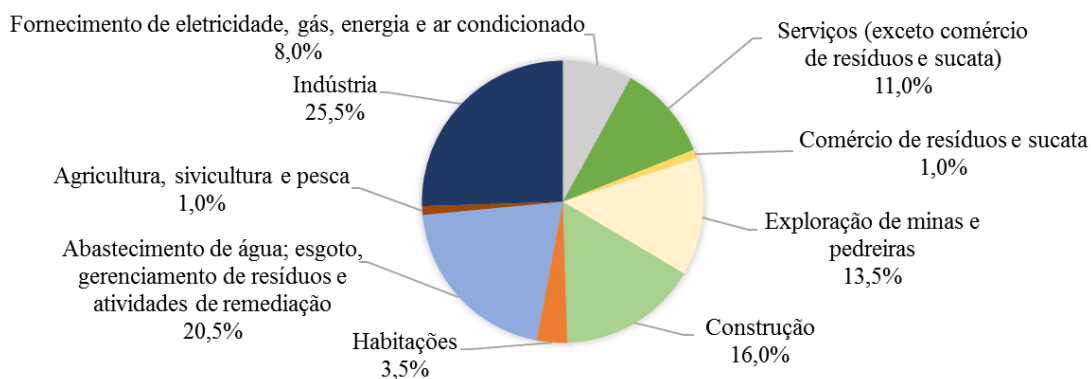
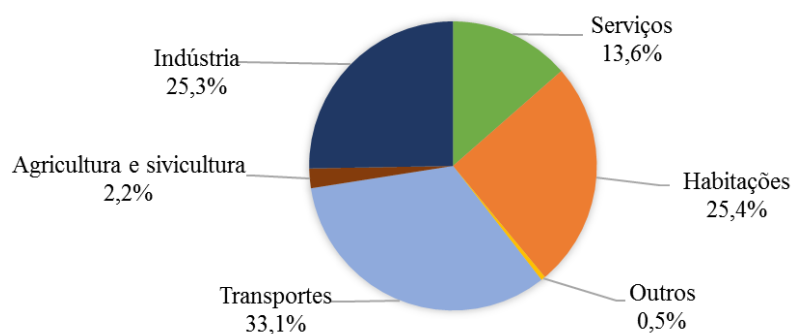
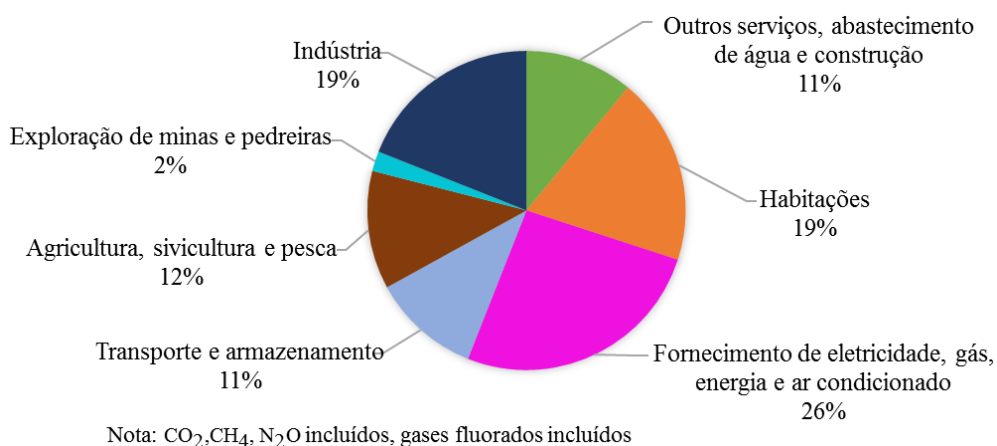


Figura 1 - Produção de resíduos perigosos, por atividade económica, EU-28, 2012 (%) (fonte: Eurostat (2015))



Nota: a soma dos valores não dá 100% devido a arredondamentos

Figura 2 - Consumo final de energia, por setor, EU-28, 2015 (%) (fonte: Eurostat (2017b))



Nota: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O incluídos, gases fluorados incluídos

Figura 3 - Emissões de gases de estufa, por atividade económica, de acordo com a classificação NACE, EU-28, 2014 (fonte: Eurostat (2017a))

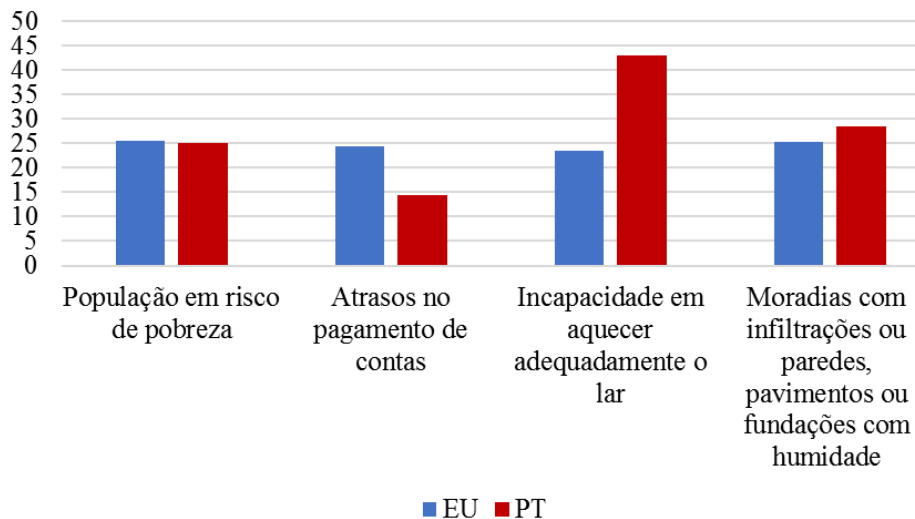


Figura 4 - Indicadores de pobreza energética de Portugal (fonte Pye & Dobbins (2015))

Uma variedade de fatores contribuem para a pobreza energética, as três principais áreas são a combinação de grandes contas de energia, rendimentos baixos e baixa eficiência energética da envolvente dos edifícios (Thomson and Snell, 2013; BPIE, 2014). Assim, percebe-se que a redução do consumo de energia e aumento da eficiência energética dos edifícios contribuem para o combate de um dos principais problemas da União Europeia.

Para o considerável impacto ambiental da indústria da construção muito contribuem a produção e o consumo de materiais. Um dos materiais mais usados na construção moderna é o betão fabricado com cimento Portland, sendo apenas ultrapassado pela água processada como produto com maior volume de produção a nível global (Gartner and MacPhee, 2011). Ao contrário do que se possa pensar o betão é um material de construção com emissões de CO<sub>2</sub> relativamente baixas (abaixo da maioria dos produtos de argila), a média global de emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento são inferiores ao aço ou alumínio, e os agregados e água que também constituem o betão possuem emissões de CO<sub>2</sub> associadas muito baixas (Gartner and MacPhee, 2011).

O enorme volume de betão produzido globalmente todos os anos, caracteriza este material como um produto com altas emissões de CO<sub>2</sub> associadas. De acordo com vários estudos, o betão é responsável por 7% das emissões mundiais de dióxido de carbono (Anjos and Camões, 2014). Este enorme volume de produção resulta numa enorme exploração das matérias-primas do

betão, principalmente do cimento Portland, o produto mineral não metálico com maior volume de produção como demonstram dados da União Europeia (Figura 5) e é por esse grande volume de produção que este material tem um impacto ambiental considerável.

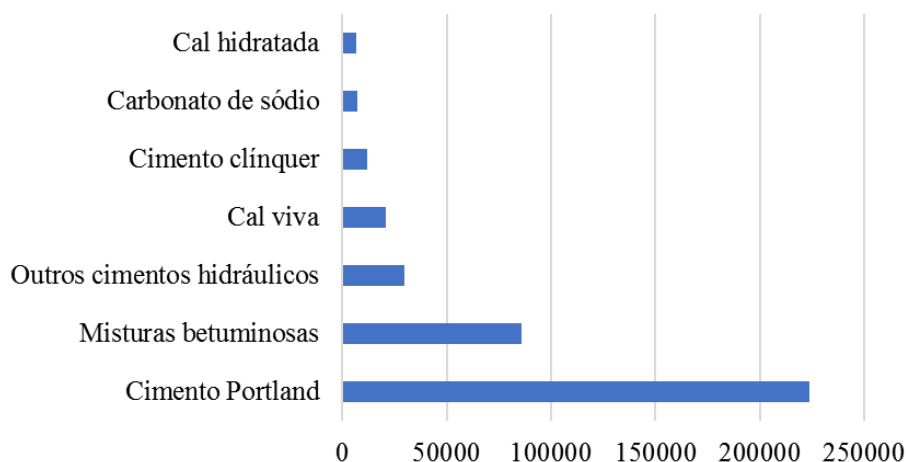


Figura 5 - Volume da produção vendida de outros produtos minerais não metálicos selecionados, EU-27, 2008 (1000 ton) (fonte: Eurostat (2010))

Para reduzir esta utilização excessiva, é necessário procurar alternativas mais sustentáveis em relação às técnicas e materiais de construção convencionais aparecendo assim a madeira como uma das soluções para o problema (Coelho, 2012). Dos principais materiais de construção, a madeira é o único material natural de excelência. Possui elevada resistência quando comparada com o seu peso, durabilidade excepcional em estruturas com boas práticas de construção, é um material facilmente trabalhável e um excelente isolador térmico, acústico e elétrico (Cachim, 2014). As suas propriedades acarretam vantagens que a tornam num material fundamental para uma racionalização ecológica de qualquer construção reduzindo o consumo energético, a utilização de recursos, minimizando a poluição e reduzindo o impacto ambiental (Cachim, 2014).

Apesar disto a madeira caiu gradualmente em desuso devido ao surgimento de novos materiais com a Revolução Industrial, como o betão e o aço, e também por estar associada a duas tragédias da História, o incêndio de 1666 em Londres e o incêndio de 1871 em Chicago. Foi considerada como um material precário, estruturalmente limitado e de durabilidade reduzida (Moutinho, 2007). Em Portugal, as construções em madeira começaram a rarear não só devido ao aparecimento de novos materiais, associados a processos de construção mais expeditos e económicos, mas também devido a disposições de ordem administrativa. Em algumas

povoações, principalmente nos arredores do pinhal de Leiria, a construção e mesmo a reparação de casas de madeira foi proibida (AAVV, 1988), o que proporcionou a ruína deste tipo de construção.

Tendo em conta o que foi referido anteriormente, duas das soluções para a redução do potencial impacte ambiental do setor da construção e dos edifícios são a utilização de materiais com baixo impacte ambiental e preferencialmente locais, e a redução do consumo de energia combinada com o aumento da eficiência energética dos edifícios. Estas soluções foram já consideradas e aprimoradas ao longo de gerações na construção vernácula.

Com a revolução industrial e o surgimento de novos materiais, o aumento da rapidez e alcance da disseminação destes, ocorreu uma homogeneização e padronização do modo de construir que levou a uma arquitetura global, sem ligação ao meio em que se insere, com grande necessidade de energia e de consumo de recursos. Este paradigma contribuiu para o abandono das técnicas vernáculas, e de todo o seu conhecimento, conotando-as como subdesenvolvidas, tanto ao nível dos materiais como no modo de habitar (Fernandes, Mateus and Bragança, 2016).

De forma a pensar o futuro da arquitetura analisa-se o seu passado procurando inspiração e soluções para os problemas do presente, e assim surge o interesse na análise da arquitetura popular. As construções vernáculas foram condicionadas pelo meio em que se inserem e têm com este uma relação ímpar, desenvolvida ao longo de séculos de aperfeiçoamento e resultando em técnicas de construção simples e estratégias pragmáticas de adaptação à sua envolvente.

Tendo em conta o contexto atual e pelos motivos supramencionados, a análise da construção vernácula poderá trazer benefícios para o setor da construção, principalmente por ser um tipo de arquitetura que se adapta ao clima e que pode contribuir para a redução da utilização de energias fósseis nos edifícios (Kimura, 1994). Na verdade, os princípios que são hoje a base do que se designa por “construção sustentável” derivam de estratégias e características da arquitetura vernácula (Cardinale, Rospi and Stefanizzi, 2013).

Assim, neste trabalho estuda-se um tipo de construção vernácula do litoral português, nomeadamente os palheiros em madeira do litoral e avalia-se o seu desempenho térmico e as condições de conforto ao longo das várias estações do ano. A característica mais relevante destes edifícios é o uso da madeira como principal material de construção, um material natural, renovável e sequestrador de dióxido de carbono (Coelho, 2012), que quer pelas suas propriedades e disponibilidade no local se adequa às características da região e ao tipo de construção utilizado.

## **1.2. Objetivos**

A construção vernácula portuguesa e o seu potencial carecem de uma análise e para isso este estudo terá como objetivo compreender o comportamento higrotérmico e as condições de conforto existentes na arquitetura vernácula de Praia de Mira, caracterizada pela construção em madeira e vulgarmente conhecida por “palheiros”. Adicionalmente, pretende-se identificar o potencial de adaptação de algumas das técnicas utilizadas nestes edifícios para a arquitetura contemporânea.

O conceito de construção vernácula possui vários séculos de existência, que acarreta várias soluções com elevada complexidade, tanto nas técnicas de construção utilizadas como na seleção e utilização dos materiais disponíveis, por estes motivos e para a realização deste trabalho, é fundamental perceber o seu significado. Em Portugal, apesar do território ser de reduzidas dimensões, são vastos os exemplos de construções com morfo-tipologia própria para a sua adaptação ao contexto local, clima e disponibilidade de materiais de construção. Com isto, é necessário o conhecimento dos materiais e das técnicas utilizadas nos edifícios em estudo, bem como a caracterização do local e do clima onde o edifício se insere.

Uma vez que não é possível realizar monitorizações em todos os edifícios, as ferramentas de simulação numérica podem ser uma alternativa viável para o estudo e análise de edifícios com características similares às do caso em estudo. Assim, um dos objetivos deste trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo 3D de análise termodinâmica do edifício em estudo de forma comparar os dados da simulação do modelo com as medições do caso de estudo real e perceber se a utilização destas ferramentas é viável e fiável.

Em suma, os objetivos do presente trabalho são:

- Estudar e caracterizar a construção vernácula de Praia de Mira;
- Identificar estratégias e sistemas construtivos de adaptação às condições locais em que este tipo de edifício se encontra inserido;
- Realizar monitorizações *in situ* para avaliação das condições de conforto relativas à iluminação, ambiente térmico e qualidade do ar interior;
- Realizar questionários para avaliação dos níveis de conforto sentido pelos ocupantes do edifício;
- Análise e interpretação dos dados recolhidos para averiguação do comportamento térmico e das condições de conforto existentes no edifício em estudo;
- Desenvolvimento de um modelo 3D do edifício em estudo para simulação sob condições dinâmicas.

### **1.3. Organização da Dissertação**

O tema abordado nesta dissertação desenvolve-se ao longo de 6 capítulos que expõem os seguintes conteúdos:

- O Capítulo 1 – Fundamentos e Objetivos, introduz o tema e objetivos da dissertação apresentando o enquadramento da mesma;
- O Capítulo 2 – Construção Sustentável, explora o tema da sustentabilidade, apresenta os princípios e características de uma construção sustentável abordando também a madeira como um material de construção sustentável;
- O Capítulo 3 – Arquitetura Vernácula na Otimização Sustentável dos Edifícios, apresenta o enquadramento da arquitetura vernácula, o estado de arte e o contributo deste tipo de arquitetura para a sustentabilidade dos edifícios;
- O Capítulo 4 – Arquitetura vernácula portuguesa em madeira – Palheiros de Mira, aborda o tema da construção em madeira e descreve a tipologia dos palheiros de Mira;
- O Capítulo 5 – Descrição do caso de estudo - apresenta e descreve o caso de estudo.
- O Capítulo 6 – Metodologia de avaliação do comportamento térmico e das condições de conforto, descreve o método e os procedimentos de avaliação do comportamento térmico e das condições de conforto, e da modelação 3D do edifício;

- O Capítulo 7 – Análise do comportamento térmico e das condições de conforto, apresenta os resultados obtidos através deste estudo (monotorização; avaliações subjetivas; e simulações) e uma análise dos mesmos;
- O Capítulo 8 – Considerações Finais, apresenta as conclusões retiradas do estudo e algumas perspectivas para o futuro.





## 2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

### 2.1. Enquadramento

A sustentabilidade ganhou destaque global nas últimas décadas, sobretudo nos anos 90 do século XX, quando se tornou unânime a ideia de que o desenvolvimento sustentável teria que assentar em três pilares fundamentais: ambiente, sociedade e economia (Amado *et al.*, 2015). A Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável ocorreu em Novembro de 1994, onde o futuro da construção, no contexto da sustentabilidade, foi discutido (Pinheiro, 2003). Nessa conferência, Kibert definiu o conceito de construção sustentável como a *“criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos”* (Kibert, 1994).

O setor da construção baseia-se ainda em sistemas construtivos tradicionais e mão de obra não qualificada o que causa excessiva utilização de recursos naturais, excessivo consumo de energia e excessiva produção de resíduos (Mateus, 2004), o que torna o impacto ambiental da construção num tema chave para todos os profissionais do setor e um problema que torna necessário a busca de soluções.

A construção tradicional pauta-se apenas pela eficiência da gestão com o objetivo da diminuição de custos, ou seja, o fator de competitividade fundamental era o económico. Com as preocupações levantadas pelo forte impacto ambiental do setor, esta fórmula tornou-se insustentável. Com a introdução das preocupações ambientais, o conceito de qualidade na construção abrange os aspetos relacionados com a qualidade ambiental - construção eco eficiente, ou seja, o objetivo principal assenta no desenvolvimento de construções que satisfaçam adequadamente a sua função, com um impacto ambiental mínimo (Marques, 2008).

Ao introduzir as condicionantes económicas, a equidade social e o legado cultural aos princípios da eco eficiência, está-se na presença da construção sustentável, o novo paradigma da construção (Bragança and Mateus, 2006). A base de projeto da construção sustentável deixa de ser apenas o tempo despendido e os custos associados, mas equaciona-se também os consumos de recursos, o impacte ambiental, a qualidade do ambiente construído e as condicionantes económicas e socioculturais do projeto (Amado *et al.*, 2015), tal como se pode observar na Figura 6.

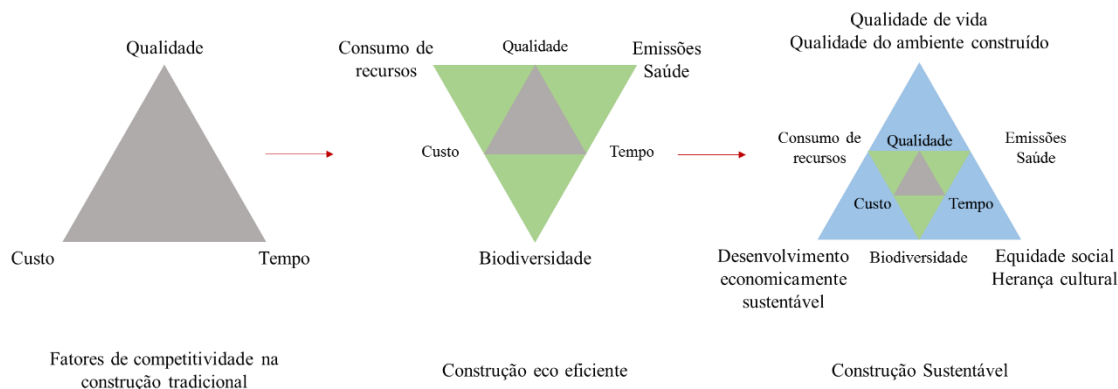


Figura 6 - Evolução das preocupações na construção (fonte: Pinheiro (2006))

Assim, a construção sustentável procura responder às necessidades atuais minimizando os impactes ambientais e sociais. Nesta ótica, apresenta-se seguidamente aqueles que podem ser considerados como pilares da construção sustentável (Mateus, 2004):

1. Economizar energia e água
2. Melhorar o conforto interior dos edifícios
3. Maximizar a durabilidade dos edifícios
4. Planear a conservação e a manutenção dos edifícios
5. Utilizar materiais eco eficientes
6. Apresentar baixa massa de construção
7. Minimizar a produção de resíduos
8. Ser económica
9. Assegurar a higiene e segurança em obra

Ao considerar este conjunto de prioridades como necessário ao desenvolvimento sustentável do setor da construção permite o entendimento de que a sustentabilidade tem um nível de

abrangência alargado e que integra as fases de projeto, construção e manutenção (Amado *et al.*, 2015).

A indústria da construção representa um papel importante relativamente à economia nacional e internacional, pelos investimentos e riqueza produzida. É de igual forma relevante no volume de emprego que absorve e o impacto da inter-relação e arrastamento relativamente a outras indústrias (Amado *et al.*, 2015). O setor proporciona 18 milhões de postos de trabalho direto e contribui para aproximadamente 9% do PIB da EU (European Commission, 2016) e, por isso, é considerado um “motor” da economia, o que implica importantes responsabilidades sociais.

Apesar dos impactes positivos na sociedade e economia, a indústria da construção é poluente e agressiva para o ambiente, pelo que o seu impacto negativo deve ser avaliado e consequentemente reduzido (Amado *et al.*, 2015). No que concerne ao ambiente, a indústria da construção é responsável pela produção de aproximadamente 1/3 das emissões de dióxido de carbono e consome aproximadamente 50% das matérias primas retiradas da crosta terrestre, mais do que qualquer outra atividade económica (Pacheco-Torgal and Jalali, 2012).

Os eventos naturais relacionados com as alterações climáticas que causam graves prejuízos, quer em perdas humanas quer em perdas materiais, são cada vez mais frequentes e sendo o setor da construção um dos grandes responsáveis pelas emissões de gases de efeito de estufa a opinião pública começa a estar mais consciente que é inevitável construir sem se comprometer as necessidades das gerações futuras (Mascarenhas, 2014). Em vez de destruir os sistemas naturais, as construções devem ser um reflexo dos processos naturais, perspetivados numa lógica complementar (Pinheiro, 2003).

## **2.2. Princípios da construção sustentável**

Durante muitos anos, o fator económico foi considerado como o aspeto mais importante e, praticamente, o único indicador considerado na execução de projetos. Para um desenvolvimento sustentável é necessário aumentar a relevância dos fatores ambientais e socioculturais. Em

1994, Charles Kibert (1994) apresentou os seguintes sete princípios para melhor definir o conceito e a delimitar os principais objetivos e vantagens da Construção Sustentável:

1. Redução do consumo de recursos;
2. Reutilização dos recursos o máximo possível;
3. Reciclar os resíduos da demolição e sempre que possível utilizar materiais reciclados;
4. Proteger os sistemas naturais e o funcionamento de todas as suas atividades;
5. Eliminar todos os materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
6. Incorporar o custo total nas decisões económicas;
7. Promover a qualidade em todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído.

Muitas vezes o conceito de “edifício sustentável” é confundido com o de “edifício verde” ou “amigo do ambiente”, mas são dois conceitos um pouco diferentes. Um edifício verde tem como princípios a redução do consumo de energia, de combustíveis fósseis, de água e de materiais, a redução da emissão de gases de efeito de estufa e de outras emissões atmosféricas, impactes na ecologia local, os resíduos sólidos e efluentes líquidos produzidos pelo edifício, a durabilidade, adaptabilidade e flexibilidade do edifício e dos seus materiais e a operação e manutenção deste. Um edifício sustentável acrescenta a estes critérios o desempenho técnico-funcional, os aspetos económicos e sociais, e a integração do edifício no planeamento urbano.

Um edifício só pode ser considerado como “sustentável” quando as três dimensões (ambiental, económica e sociocultural) da sustentabilidade estão equilibradas. A conceção, construção e utilização sustentável de edifícios baseia-se na procura do melhor compromisso entre fatores ambientais (associados ao impacto ambiental), fatores sociais (associados ao conforto dos utilizadores, entre outros), fatores económicos (associados aos custos de ciclo de vida).

A sustentabilidade depende da importância relativa que se atribui a cada uma das dimensões do desenvolvimento sustentável, dos indicadores considerados para a sustentabilidade, do tipo de utilização do edifício, de fatores socioculturais, económicos e dos problemas ambientais específicos de uma determinada região (Mateus, 2004).

### **2.3. Comportamento térmico e energético dos edifícios**

As sociedades tradicionais não tinham a possibilidade de despender grandes quantidades de energia, este facto era refletido nas construções, pois não necessitavam de uma utilização significativa de energia de forma a proporcionar conforto (Silva, 2006). O desenvolvimento do setor da construção conduziu à construção de edifícios com características desadequados ao clima exterior em que se inseriam, dependendo exclusivamente dos sistemas de aquecimento/arrefecimento para proporcionar conforto térmico. Este facto, aliado a um aumento da qualidade de vida e exigência de conforto no interior das habitações, levou a um aumento insustentável do consumo energético dos edifícios.

As estratégias utilizadas no sector da construção necessitam de uma profunda revisão de forma a alterar o paradigma atual, através de edifícios que tirem proveito do meio ambiente, reduzindo as necessidades de aquecimento/arrefecimento, e com a utilização de materiais com baixa energia incorporada (Silva, 2006).

Portugal é um país sem fontes de energia não renováveis nomeadamente, petróleo, carvão e gás natural. Por esse motivo, é um país dependente da importação de recursos energéticos, o que o coloca numa posição económica vulnerável a nível internacional (Sousa, Silva and Almeida, 2012). Apesar do consumo energético do sector residencial não ser o maior a nível nacional, a tendência do sector tem sido de aumento do consumo de energia.

O parque habitacional Português está envelhecido e degradado, existe uma relação direta entre eficiência energética/consumo de energia e a idade dos mesmos (INE and DGEG, 2011). Quanto mais antigas forem as habitações maiores são os consumos energéticos, pois também são maiores as perdas de energia através da envolvente (Sousa, Silva and Almeida, 2012).

Apenas com a inclusão de medidas de eficiência energética na fase de projeto, ao nível da envolvente, compartimentação, materiais, aproveitamento da energia solar e das condições ambientais exteriores, será possível uma redução significativa dos consumos energéticos para aquecimento, arrefecimento e iluminação (Silva, 2006).

O consumo energético total dos edifícios pode ser dividido em (Silva, 2006):

- Energia de produção (ou incorporada) – energia consumida na aquisição de matérias-primas, no seu processamento, manufatura, transporte, construção, manutenção, alteração, na demolição e reciclagem dos materiais utilizados nos edifícios;
- Energia induzida – energia consumida durante a construção do edifício;
- Energia de operação – energia necessária para manter os níveis de conforto requeridos;
- Energia cinzenta – perdas por conversão de energia (rendimento), durante o transporte de materiais, construção do edifício, aquecimento, etc.

A aplicação de princípios bioclimáticos em edifícios é essencial para a redução do consumo energético e das emissões de carbono no setor dos edifícios, sendo a arquitetura vernácula uma corrente arquitetónica sustentável, com o desígnio de proporcionar uma harmonia natural entre o clima, a arquitetura e as pessoas (Silva, 2006).

O ser humano passa mais de 80% do tempo da sua vida no interior de edifícios, pelo que estes devem oferecer condições adequadas de conforto. Os consumos de energia, que estão associados à satisfação destas condições, assumem por vezes valores com grande significado, sendo o setor dos edifícios o maior consumidor de energia do país (Neves, 2013).

As normas de conforto térmico são uma ferramenta essencial para a obtenção de um ambiente interior dos edifícios termicamente confortável. Primitivamente estas normas definiam as condições de conforto térmico, sem considerar os consumos energéticos necessários para atingir esse conforto, mas, com a necessidade de desenvolvimento sustentável, as normas de conforto térmico têm de considerar formas de o atingir com o menor consumo energético possível (Humphreys and Nicol, 2002).

A legislação em vigor em Portugal, o Decreto-Lei 118/2013, de 20 de Agosto, visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), integrando o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Este diploma permitiu, além da atualização dos

requisitos da qualidade térmica e implementação de requisitos de eficiência energética dos, uma clara separação entre o REH e o RECS.

O REH estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

O RECS determina os regulamentos a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

A norma europeia ISO 7730 (2005) aplica-se a ambientes moderados (ambiente onde não existe uma grande variação de temperatura entre a estação de Inverno e a estação de Verão), assenta no conhecimento das diferentes variáveis que integram a equação do balanço térmico. A escala de sensação térmica, dividida em sete níveis (Tabela 1) traduz o grau de desconforto associado às diferentes combinações das variáveis ambientais e pessoais. Este índice depende dos seis fatores principais enunciados anteriormente.

Tabela 1 - Escala de sensação térmica – adaptado (fonte: ISO 7730 (2005))

Voto	Sensação Térmica
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Leve sensação de frio
0	Neutralidade térmica
+1	Leve sensação de calor
+2	Calor
+3	Muito calor



O principal objetivo da norma europeia ISO 7726 (1998) é a explicação dos parâmetros físicos de ambientes térmicos e os seus respectivos métodos de medição. Esta norma também especifica as características mínimas dos equipamentos e dos sistemas de medição dos fatores físicos que identificam os ambientes internos no caso do estudo do conforto térmico em ambientes moderados.

A norma ASHRAE 55 (2003) particulariza as condições para a validação das condições associadas aos ambientes internos para a maioria de um grupo de ocupantes que estejam a utilizar o mesmo espaço físico e, por consequência, estando todos expostos as mesmas características ambientais. Entendendo-se como maioria do grupo um valor acima dos 80% das pessoas que integram esse mesmo grupo.

O balanço térmico no corpo humano é a diferença entre a energia produzida no interior do corpo e das perdas térmicas para o exterior. A energia produzida no interior do corpo define-se como atividade metabólica e depende do tipo de atividade efetuada. Atividade metabólica é definida como taxa de transformação da energia química em calor e trabalho mecânico através de atividades metabólicas dentro de um organismo, geralmente expressa em termos de área unitária da superfície corporal total (ASHRAE 55, 2003). A unidade utilizada para caracterizar a atividade metabólica é o met. Considerando que, em média, as pessoas têm uma superfície de pele de  $1.8 \text{ m}^2$ , 1 met corresponde a  $58.2 \text{ W/m}^2$  (Ordem dos Arquitetos, 2001). Outro fator que influencia o conforto térmico é a roupa utilizada por cada pessoa. A unidade que é utilizada para caracterizar o efeito do isolamento proporcionado pela roupa é o Clo (1 Clo é equivalente a  $0.155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ) (Ordem dos Arquitetos, 2001).

Conforto térmico é a condição de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliada por avaliação subjetiva (ASHRAE 55, 2003). Existem grandes variações, fisiologicamente e psicologicamente, de pessoa para pessoa, o que torna difícil satisfazer todos num espaço, pois as condições ambientais necessárias para o conforto não são as mesmas para todos.

Existem seis fatores principais (Figura 7) que devem ser abordados ao definir condições para o conforto térmico (ASHRAE 55, 2003):

- 1) Atividade metabólica.
- 2) Isolamento térmico de vestuário.
- 3) Temperatura do ar.
- 4) Temperatura radiante
- 5) Velocidade do ar.
- 6) Humidade.

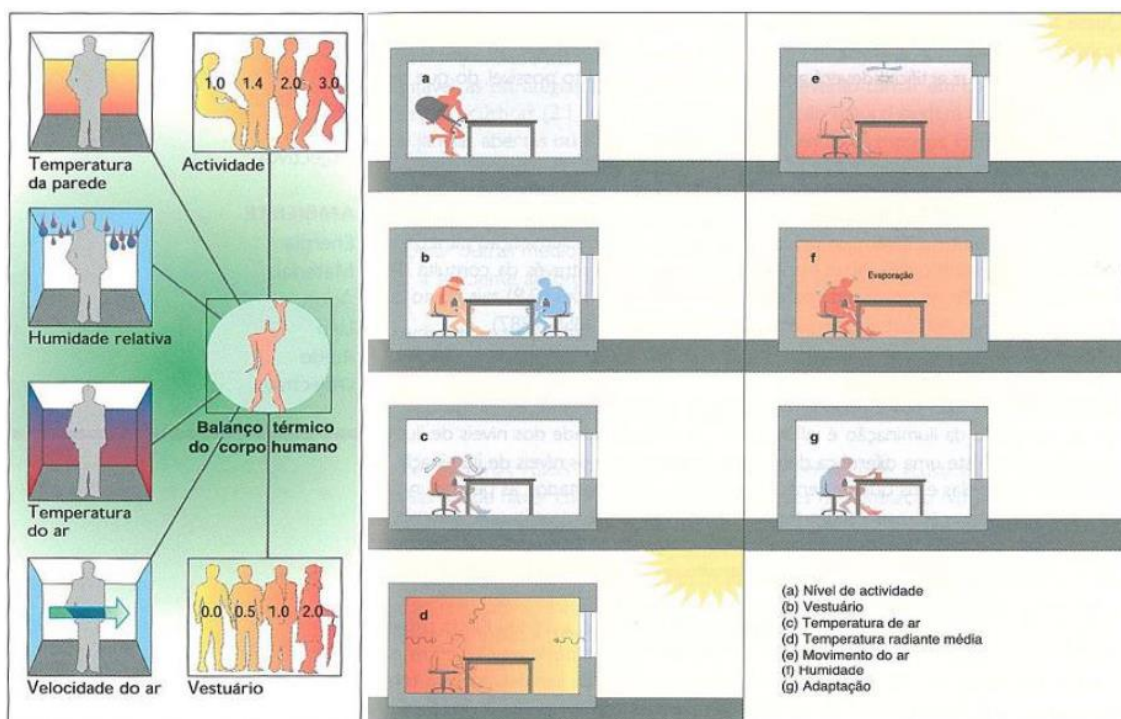


Figura 7 - Parâmetros que influenciam o conforto térmico e fatores a considerar ao projetar para o conforto térmico (Ordem dos Arquitetos, 2001)

## 2.4. Contributo da madeira para uma construção sustentável

A sustentabilidade da construção em madeira é um conhecimento empírico (Coelho, Branco and Gervásio, 2012), ao longo do tempo, o Homem, apercebeu-se das potencialidades da madeira como material de construção (Moutinho, 2007). Apesar disso, a sustentabilidade de um material reside na forma como é aplicado na construção tal como a sustentabilidade de um edifício está na forma como este é utilizado (Mascarenhas, 2014).

Construir em madeira implica, inevitavelmente, o abate de um elevado número de árvores, por este motivo é necessária a exploração sustentável das florestas assegurando a reflorestação global (Cachim, 2014). A exploração da madeira não é causa de desflorestação, contrariando a ideia de muitas pessoas, esta está sim relacionada com a agricultura extensiva, com a ocupação urbana ou com a destruição causada pelos incêndios (Marques, 2008). A sustentabilidade da madeira deve ser suportada por uma política e estratégia de reflorestação para uma adequada gestão dos recursos e equilíbrio dos ecossistemas locais (Amado *et al.*, 2015).

As florestas ganharam importância junto dos europeus, pois são consideradas como elementos chave na minimização das alterações climáticas (Cachim, 2014). As florestas contribuem para o controlo da erosão do solo e equilíbrio do dióxido de carbono na atmosfera, ajudam a regular o clima e têm um papel decisivo no ciclo da água e na biodiversidade da fauna e flora (Marques, 2008). Além disso a indústria florestal é fundamental, social e economicamente falando, em muitas regiões do mundo (Coelho, Branco and Gervásio, 2012). Assim, pode-se dizer que as florestas têm um papel fundamental nos fatores económicos, sociais e ambientais.

O desenvolvimento tecnológico da indústria da madeira permitiu o aparecimento e/ou aperfeiçoamento de sistemas construtivos e novos produtos derivados de madeira, este incremento das potencialidades de utilização desta matéria-prima fez com que a industrialização das construções das casas de madeira despertasse (Lourenço and Branco, 2012).

As tecnologias de produção atuais permitem o aproveitamento integral da madeira das árvores, e mesmo os resíduos oriundos da indústria madeireira podem ser utilizados na produção de derivados, como é o caso das placas de aglomerados (Marques, 2008). Esta eficiência na produção associada a métodos de produção de baixa energia (Coelho, Branco and Gervásio, 2012) tornam o processo de fabrico da madeira sustentável.

Para além da sustentabilidade no processo de fabrico, os produtos florestais possuem um grande potencial por serem altamente e facilmente recicláveis, dando origem a outros produtos em madeira (Cachim, 2014). A análise do ciclo de vida da madeira mostra que esta tem melhor

desempenho que o aço ou o betão em relação à energia incorporada, emissão de gases, libertação de poluentes para o ar, produção de poluentes para a água e produção de resíduos sólidos (Marques, 2008) e as estruturas de madeira apresentam melhor comportamento no que se refere ao consumo de energia incorporada quando comparadas com estruturas semelhantes de betão (Vara, 2015).

No fim do ciclo de vida de um edifício, a madeira pode ser reutilizada diretamente noutra edificação, como matéria prima para produtos à base de madeira, como combustível ou no pior cenário, em aterro a madeira é biodegradável (Coelho, Branco and Gervásio, 2012). Com este conceito de reciclagem em construção, os diferentes componentes podem ser facilmente separados durante a desconstrução, separando os componentes de cada tipo para reutilização, mas igualmente facilitando a reciclagem e a extração energética (Berge, 2000).

Além das vantagens ambientais, para uma construção sustentável, é necessário ter em conta as vantagens funcionais e económicas da madeira como material de construção. Relativamente à alvenaria de pedra, tijolo ou abobe, ou da taipa, as construções de madeira destacam-se por serem mais ligeiras, económicas e pela grande resistência à tração (Moutinho, 2007).

A estrutura das paredes de madeira permite a utilização de elementos isolantes sem aumentar a sua espessura e maximizando a eficiência destes, pelo facto da estrutura da madeira limitar a sua capacidade para transmitir calor, ao contrário de materiais como o aço e betão que funcionam como pontes térmicas (Cachim, 2014). Assim a energia necessária para manter o conforto no interior do edifício é menor, o que traduz um menor consumo e impactos ambientais mais reduzidos.

Deve considerar-se sempre a utilização da madeira como material de construção, especialmente em habitação unifamiliar ou em edifícios de pequena altura, pois não existem materiais estruturais alternativos que apresentem uma melhor conjugação entre os desempenhos ambiental, mecânico e estético (Mendonça, 2005). As propriedades e desempenho da madeira fazem com que este seja um material de construção corrente em algumas regiões, como a Europa do Norte ou América do Norte (Cachim, 2014), apesar disso não é um material de

construção principal em muitas regiões do globo, como por exemplo Portugal. O custo superior da construção de madeira relativamente à construção em betão em Portugal (Vara, 2015) ou o facto da madeira, apesar das suas vantagens, apresentar também algumas debilidades como material de construção, como a combustibilidade ou a necessidade de manutenção elevada (Mendonça, 2005), fazem com que não seja considerada como solução credível para material de construção estrutural.

#### 2.4.1. Algumas propriedades da madeira

A madeira é um mau condutor térmico, a sua condutibilidade térmica é relativamente baixa, o que a qualifica como um bom isolante térmico em comparação com outros materiais estruturais, outra vantagem é de que o seu poder isolante permite a supressão das pontes térmicas (Vaz, 2008). A condutibilidade térmica é proporcional à densidade da madeira e à sua taxa de higroscopicidade. Geralmente a condutibilidade térmica diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a humidade do material (Cachim, 2014). Esta baixa condutibilidade térmica, em relação a outros materiais de construção como o aço ou o betão (Tabela 2), é uma vantagem quando se almeja o melhor desempenho energético dos edifícios.

Tabela 2 – Condutibilidade térmica de alguns materiais (fonte: Cachim (2014))

Materiais			$\lambda_T$ (W/m. K)
Madeira	Carvalho		0,21
	Faia		0,17
	Balsa		0,05
	Abeto	Longitudinal	0,24
		Transversal	0,15
	Contraplacado		0,11 a 0,15
Aglomerados		0,11 a 0,18	
Aço			60
Betão			1,8
Lã de vidro/Lã de rocha			0,04
Cerâmica de barro vermelho			1,15
Alumínio			200

O calor específico de um material define-se como a quantidade de energia térmica necessária para causar a troca de uma unidade de temperatura a uma unidade de massa do material, ou seja, a sua capacidade de aquecimento. O calor específico de um material traduz-se em relação à capacidade de aquecimento da água.

A madeira possui um elevado calor específico, o que implica que ao aplicar uma determinada quantidade de calor ao material, este aquece muito menos que materiais com menor calor específico, como metais, betão, tijolos, etc. (Mendonça, 2005). O calor específico da madeira depende da temperatura e do teor de água, quanto maior o teor de água maior é o calor específico da madeira (Cachim, 2014).

A difusibilidade térmica é uma medida da rapidez com que um material pode absorver calor das suas imediações, e é influenciada pelo seu calor específico, densidade e condutibilidade. A baixa condutividade, a moderada densidade e o elevado calor específico da madeira fazem com que a difusibilidade deste material seja substancialmente inferior à de outros, como por exemplo os metais, o betão ou o vidro (Mendonça, 2005). É por esta razão que a madeira não é muito fria nem muito quente ao toque (Cachim, 2014), conferindo a este material uma vantagem sensorial em relação a outros.

A madeira, em geral, é pouco indicada para isolamento acústico, mas é um bom material absorvente acústico, assim, a madeira consegue amortecer as vibrações e reduzir a tendência de transmissão de vibrações a grandes distâncias (Vaz, 2008). Em geral, as estruturas em madeira não apresentam problemas de transmissão de ruído por impacto, comuns em estruturas de betão (Cachim, 2014).

A madeira, no estado seco, apresenta uma resistência elétrica específica relativamente alta e nestas condições pode ser considerada como um isolante elétrico, contudo a sua resistividade decresce rapidamente com o seu teor de água (Martins, 2009).

#### 2.4.2. Durabilidade

A madeira consegue manter-se em boas condições durante centenas de anos, quando aplicada em condições adequadas, porém, pode ser destruída muito rapidamente em condições desfavoráveis (Marques, 2008). Os agentes biológicos e o fogo são os principais agentes de deterioração, esta degradação é uma das principais desvantagens da madeira, apesar de ser um processo essencial ao equilíbrio biológico do planeta, devido às quantidades enormes de

madeira produzidas (Cachim, 2014). Assim, podem-se dividir em três grupos, as patologias que ocorrem em estruturas de madeira (Padrão, 2004):

- De origem biológica: relacionados com organismos xilófagos;
- De origem não biológica: relacionados com a exposição a intempéries e fogo;
- De origem estrutural.

Os principais agentes atmosféricos de deterioração da madeira são a chuva e a radiação solar, no entanto, a degradação provocada por estes fatores é muito lenta (Martins, 2009). O processo de degradação mais rápido e radical que a madeira pode sofrer é provocado pelo fogo (Correia, 2009). A combustibilidade da madeira faz com que não se perceba o bom comportamento ao fogo das estruturas de madeira, mas este comportamento não pode ser generalizado indiscriminadamente pois apenas elementos com secções transversais pelo menos superiores a 80 mm exibem este comportamento (Cachim, 2014).

A falta de durabilidade de algumas estruturas de madeira, em geral, é provocada por uma utilização inadequada do material e não uma consequência direta das suas propriedades, como demonstram diversos casos de estruturas que sobreviveram durante séculos com reduzidas ou nenhuma intervenções (Cachim, 2014). As patologias que afetam as estruturas de madeira têm geralmente origem na conceção errada de pormenores, essencialmente de ligação, quer arquitetónicos quer estruturais, por escolha inadequada da espécie ou por ausência ou desadequação do seu tratamento (Zwerger, 2012).

O problema principal das estruturas de madeira, com exceção de causas estruturais, relaciona-se diretamente com a humidade, pelo que são necessários cuidados especiais para evitar o contacto da água com a madeira, pois os ambientes húmidos são extremamente propícios ao desenvolvimento de ataques biológicos (Cachim, 2014). A durabilidade natural é a capacidade da madeira resistir ao ataque de agentes biológicos sem recurso a tratamentos de preservação, e esta varia consoante a espécie, quando a durabilidade natural não é suficiente, a utilização de produtos de preservação é necessária (Padrão, 2004).

Como todo o tipo de construções, as construções em madeira necessitam de manutenção ao longo do seu ciclo de vida. Os sistemas de edifícios de madeira comuns permitem uma substituição parcial de módulos ou elementos danificados sem comprometer a estrutura inteira (Coelho, Branco and Gervásio, 2012). O custo de manutenção das estruturas de madeira é, geralmente bastante reduzido e de fácil execução, podendo ser efetuado pelo proprietário (Vaz, 2008).

#### 2.4.3. Vantagens e desvantagens da madeira como material estrutural

Em suma, as principais vantagens da madeira como material estrutural são (Serra, 2012):

- Possibilidades de ser adquirida em grandes quantidades visto que as reservas se renovam por si próprias, tornando o material sempre disponível;
- Material dúctil avisando antes do colapso;
- Material capaz de resistir tanto a esforços de compressão como de tração;
- Baixa massa volúmica e resistência mecânica elevada, podendo apresentar a mesma resistência à compressão que um betão de resistência razoável e 10 vezes maior resistência à flexão e corte;
- Bom isolante térmico;
- Bom isolante acústico;
- A baixa condutividade térmica e estrutura fibrosa fazem com que seja um material com um comportamento ao fogo aceitável;
- Fácil manipulação, transporte e montagem graças ao pouco peso;
- Não estilhaça quando submetida a choques bruscos;
- Permite ligações e emendas fáceis de executar;
- No seu aspeto natural apresenta grande variedade de padrões.

Apesar das numerosas vantagens associadas à madeira, há que ter em atenção as desvantagens que fizeram com que este material fosse, em certa altura substituído pelo betão e pelo aço (Serra, 2012):

- Material heterogéneo e anisotrópico;
- Vulnerável a ataques biológicos e abióticos;



- Limitação geométrica, formas alongadas de secção transversal reduzida devido à estrutura arbórea;
- Bastante sensível ao ambiente, aumentando e diminuindo de dimensões com as variações de humidade.

### **3. ARQUITETURA VERNÁCULA NA OTIMIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS EDIFÍCIOS**

#### **3.1. Enquadramento**

O património vernáculo é o processo natural de criação do habitat do Homem, e resulta de uma evolução contínua que inclui, necessariamente, alterações e uma adaptação constante em resposta aos constrangimentos sociais e ambientais (ICOMOS, 1999). Devido à parca tecnologia existente, os edifícios do passado eram construídos utilizando apenas medidas passivas, simples e engenhosas, que derivavam de questões próprias resultantes das características geográficas, insolação, orientação, geometria, forma, materiais, entre outras (Fernandes, 2012).

Numa analogia com as espécies naturais, a arquitetura vernacula é também ela pressionada pela industrialização e, tal como a fauna e a flora, foi apurada ao longo dos tempos por um processo semelhante à seleção natural. O património vernáculo *“apesar de ser obra do Homem, é também uma criação do tempo”* (ICOMOS, 1999).

Em primeiro lugar, importa definir o que significa arquitetura vernacula ou vernacular, também conhecida, e por vezes erradamente, por arquitetura popular ou tradicional. Baseado na etimologia, vernáculo significa nacional, genuíno, próprio do país ou da região a que pertence, derivando do latim *“vernacūlu”*, que significa “escravo nascido em casa”. Popular e tradicional significam que é próprio do povo, factos que são transmitidos de geração em geração respetivamente. Pode-se dizer que vernáculo se associa ao lugar, enquanto popular e tradicional se associam ao povo.

Destas definições já se podem tirar algumas ilações, entende-se por arquitetura vernacula um tipo de arquitetura intrínseca a um determinado lugar (Fernandes, 2012) enquanto arquitetura

popular relaciona-se com o povo, englobando assim expressões mais recentes de arquitetura. O conceito de arquitetura popular deve ser mais abrangente, incluir outras modalidades de arquitetura como por exemplo a “casa do emigrante” (Leal, 2008), que geralmente está mais relacionada com o local de imigração dos proprietários do que com o sítio onde é construída (Fernandes, 2012).

Com isto, pode-se concluir que usar indiferenciadamente as designações vernacular e popular para este tipo de arquitetura pode constituir um erro e que a definição separada de cada um destes conceitos é essencial para criar um léxico consistente entre estudiosos (Jorge, 2005).

Assim, o termo vernáculo ou vernacular, pelo seu significado, tornou-se o mais adequado para englobar a enorme diversidade das construções que se enquadram nas expressões populares deste tipo de arquitetura, em detrimento de outros termos implícitos, mas pouco mencionados (Silva, 2015). Várias tentativas têm sido feitas para encontrar uma definição geral de arquitetura vernácula. Pelo facto do termo ser utilizado para numa imensa variedade de tipos de construção, formas, utilizações e contextos, não é surpreendente que essas tentativas tenham sido infrutíferas (Oliver, 1997).

Na obra “The Encyclopedia of vernacular architecture of the world” (Oliver, 1997) define arquitetura vernácula como um tipo de arquitetura relacionado com os contextos ambientais e recursos disponíveis, utilizando tecnologias tradicionais. Todas as formas de arquitetura vernácula são construídas para atender às necessidades específicas, acomodando os valores, economias e modos de viver da cultura que as produzem.

Face aos valores associados à arquitetura vernácula, existem parâmetros que de forma errónea lhe são atribuídos, como "primitivo", pode dizer-se que esta ideia preconcebida de que em comparação com a sociedade ocidental, existem comunidades que possuem modos de vida considerados como ancestrais ou rudimentares (Jorge, 2005). Apesar de ser, na sua génese, um tipo de construção rudimentar e improvisado, tem implícita uma capacidade inventiva traduzida em soluções móveis e flexíveis, dotadas de grande capacidade evolutiva, formal e funcional, como provam os exemplares que chegaram à atualidade (Moutinho, 2007).

A "ruralidade" é outro dos fatores normalmente associados ao vernacular, a cidade é por excelência um local de troca, de comunicação, e conseqüentemente, de substituição tipológica, enquanto num contexto rural a evolução é mais lenta e a substituição tipológica mais rara (Jorge, 2005).

Cria-se a imagem estereotipada do vernacular como primitivo, no sentido em que a permanência se associa à tradição, mas tradição admite evolução, ainda que com diferentes celeridades: é por isso errado confundir uma evolução lenta com permanência ou estagnação (Jorge, 2005).

A imagem da arquitetura vernácula sugere um passado distante, as matérias a que recorre encontram-se em desuso nas sociedades mais evoluídas, nestas substituídas por produtos industrializados que cruzam fronteiras (Jorge, 2005). Devido à sua associação com materiais locais, tecnologias passivas e caráter regional, a arquitetura vernácula é cada vez mais identificada como um repositório de conhecimento tradicional que pode ser importante nas tentativas contemporâneas de desenvolver ambientes construídos mais sustentáveis (Vellinga, 2013).

### **3.2. Estudos Semelhantes e Fontes de Investigação**

Um pouco por todo o mundo, têm sido realizados estudos sobre a temática da arquitetura popular. Em Portugal, um dos primeiros estudos de investigação sobre construção em madeira em Portugal, da autoria de Rocha Peixoto e intitulado "Etnografia Portuguesa. Habitação. Os palheiros do Litoral" remonta ao ano de 1898 (Duque, 2003).

A obra *Arquitectura Popular em Portugal* da Associação de Arquitectos Portugueses foi a primeira obra a sistematizar as diferenças da arquitetura popular no contexto português (Moutinho, 2007). É um estudo dos vários tipos de construções vernáculas das diferentes regiões de Portugal Continental e por isso extensa e abrangente. Nesta obra é feita uma análise ao objeto de estudo deste trabalho, os palheiros de Mira (Figura 8), referindo-se que a construção em madeira nesta região, para além de ser impulsionada pela presença do pinhal, é a mais adequada na relação com o solo arenoso e com a humidade do ar proveniente do mar,

sendo por isso considerada como um tipo de arquitetura intrinsecamente ligado às condições ecológicas (AAVV, 1988).

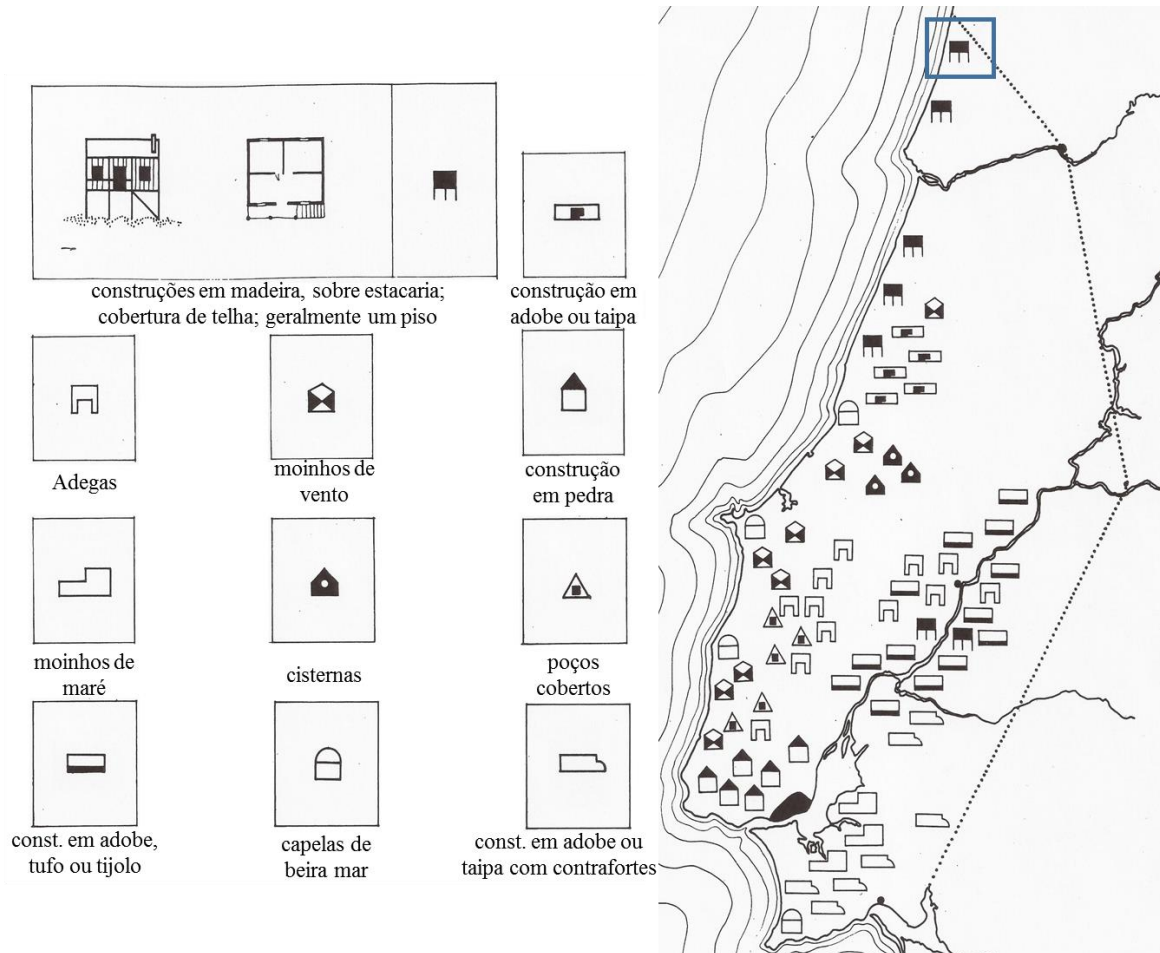


Figura 8 - Mapa tipológico (adaptado de AAVV (1988))

Outro estudo bastante importante sobre este tipo de arquitetura foi o inventário realizado por Ernesto Veiga de Oliveira e Fernando Galhano na obra “Palheiros do Litoral Central Português” (Oliveira and Galhano, 1964), que descreveram detalhadamente as características deste tipo de construções no setor costeiro. Esta descrição detalhada permitiu aos autores estabelecer uma classificação que relaciona aspetos formais e construtivos com a sua localização geográfica (Moutinho, 2007) como se pode observar na Figura 9, Ernesto Veiga de Oliveira e Fernando Galhano identificaram cinco tipos de palheiros:

1. “Tipo Furadouro” - Palheiros do sistema de pau-a-pique, revestidos até a solo;
2. “Tipo de Mira” - Palheiros do sistema de estacaria independente, com grade;
3. “Tipo de Vieira” - Palheiros do Sistema de pau-a-pique, de aspeto palafítico ou revestidos até ao solo;

4. “Tipo de Esmoriz” - Palheiros de aspeto palafítico, sobre estacaria, do sistema de vigas;
5. “Palheiros sobre muros”.

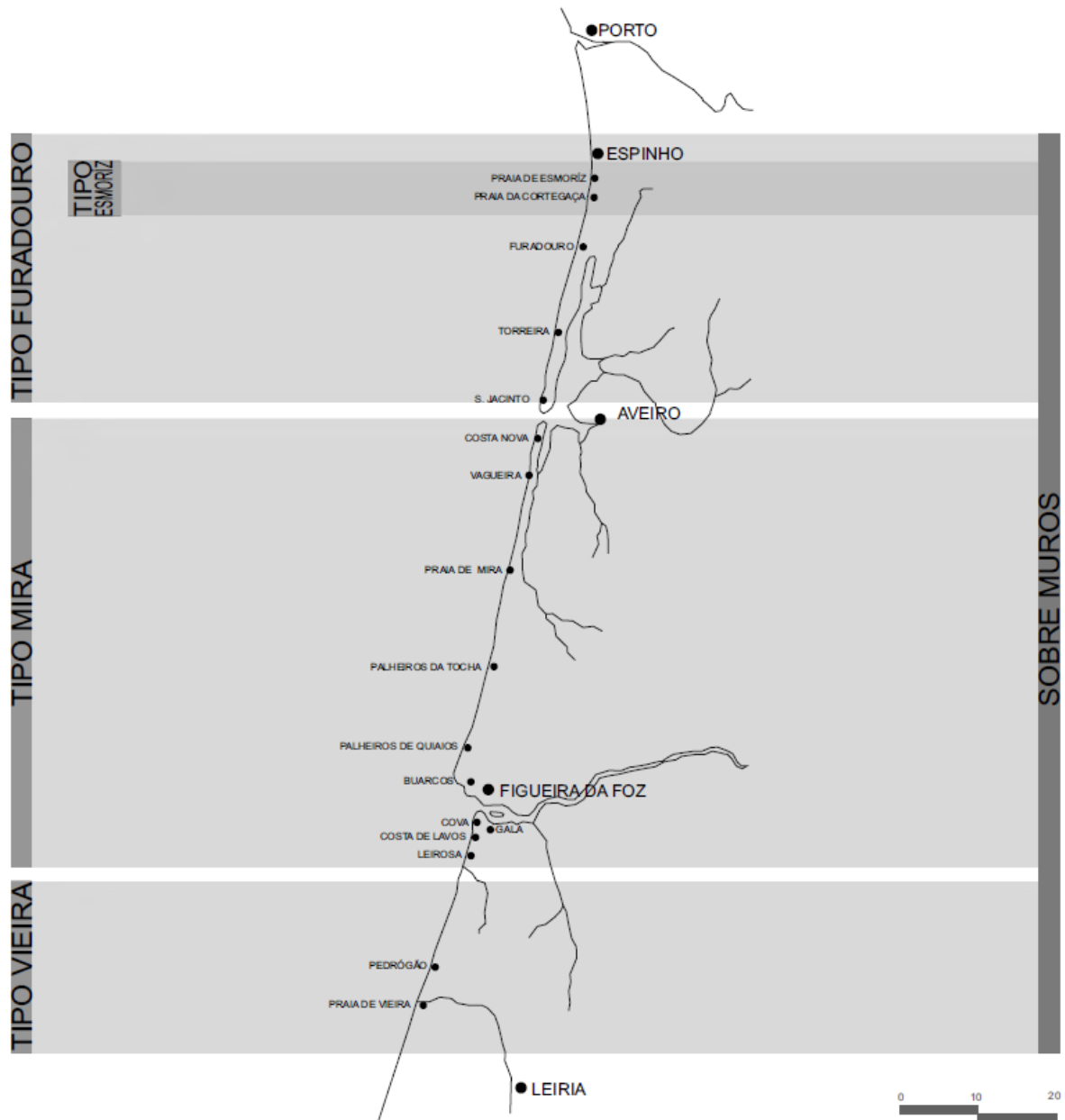


Figura 9 - Diagrama de síntese da classificação de Oliveira e Galhano (1964). (fonte: Moutinho (2007))

A designação de cada tipo prende-se com a sua localidade mais expressiva e representativa, como o caso do Furadouro, Palheiros de Mira (na atualidade conhecida como Praia de Mira), Praia de Vieira e Praia de Esmoriz. Esta classificação foi um grande passo para compreensão destas construções, constituindo ainda, a única sistematização feita até ao momento (Moutinho, 2007).

Um estudo mais particular sobre este tipo de construção foi “Palheiros de Mira – Formação e declínio de um aglomerado de pescadores” (Brito, 1960), onde são abordados os saberes tradicionais e espaço arquitetónico, etnicidade, vigências e usos contemporâneos, e tecnologia tradicional na edificação e no território de Mira. Segundo Brito (1960) a colonização das areias na zona de mira começou na segunda metade do século XII, nas Gafanhas, a leste do canal de Mira. A estrutura da povoação dos Palheiros de Mira era cerrada, por um lado, pela necessidade de as casas se agruparem ao abrigo do cordão de dunas mais alto, por outro, pelo facto deste aglomerado se ter formado pela aglomeração de pescadores dissociada da atividade agrícola que surgiu como consequência da fixação e do aumento de população (Brito, 1960).

Ao abrigo de um pequeno relevo de areia, num areal deserto e isolado, um local de pesca temporária atraiu a pouco e pouco uma população que acabou por fixar-se e dividir a sua atividade entre pesca e a agricultura (Brito, 1960). São raras as povoações deste tipo cuja origem se possa indicar com tanta precisão. Adotando a construção em madeira, comum a áreas arenosas e isoladas do litoral, os habitantes dos Palheiros de Mira souberam elevá-la à sua melhor expressão (Brito, 1960). Este litoral de areias desabrigadas de todos os ventos não teve condições para acompanhar o progresso da atividade piscatória, em aproximadamente um século, uma povoação, inicialmente ligada à pesca nasceu, desenvolveu-se e declinou como tal, embora através da agricultura, do turismo no verão, e pelas tripulações das traineiras e bacalhoeiros, a sua gente encontra maneira de subsistir (Brito, 1960).

Daniel Moutinho considerou que após 40 anos (o único ponto de situação completo tinha sido o supracitado realizado em 1964), é de extrema importância a noção do número e das condições dos palheiros atualmente existentes. De forma a solucionar este e outros problemas relacionados realizou um estudo intitulado “Edifícios de Construção Tradicional em Madeira – O Exemplo dos Palheiros do Litoral Central Português” em 2007. Moutinho (2007) encontrou, de modo muito pontual, revivalismos, ou melhor, réplicas de palheiros construídos com as características consideradas puras, segundo a síntese feita no inventário de 1964 por Oliveira e Galhano, que acolhem novas funções, relacionadas com o turismo e recreação locais, como o posto encontrado na Cova, o museu etnográfico de Praia de Mira (caso em análise no presente estudo) e o Centro de Recreação Ambiental da Costa Nova. No entanto, assumem-se como

manifestações singulares, meros memoriais locais de um passado que só se consegue manter presente de modo metafísico.

Moutinho (2007) propôs uma nova classificação com o objetivo de atualizar o trabalho realizado por Oliveira e Galhano (1964). A classificação proposta consiste na reorganização de dados de natureza essencialmente etnográfica e nos dados recolhidos em trabalho de campo, propondo uma nomenclatura que procura sistematizar um sistema construtivo. Embora se tenha verificado a generalização de determinadas características por localidades, confirmando a classificação de Oliveira e Galhano, Moutinho (2007) entendeu que estas construções, independentemente da sua localização, têm inúmeras afinidades, constatando-se uma grande homogeneidade construtiva. Assim, Moutinho (2007) propôs a distinção de três estádios: Estádio Primitivo, Estádio Intermédio e Estádio Final (Figura 10).




TEMPO	ESTÁDIO EVOLUTIVO	TIPO DE FUNDAÇÃO	VARIÁVEL	ESQUEMA
final séc. XVI a final séc. XIX	PRIMITIVO	IMPERMEÁVEL	Sobre o solo Estr. encabeçada	
final séc. XVIII a meados séc. XX	INTERMÉDIO	PERMEÁVEIS	Sobre o solo Estr. Encabeçada Sobre pés Sobre estacas Sobre moirões Sobre pilares	
final séc. XIX a actualidade	FINAL	PÓS-PERMEÁVEIS	Sobre o solo Sobre estacas Sobre moirões Sobre pilares Sobre soco Sobre muros Sobre embasamento	

Figura 10 - Diagrama síntese dos estádios evolutivos. Fonte: Moutinho (2007)

Esta organização baseia-se na combinação de fatores tecnológicos, sociológicos, arquitetónicos e construtivos, em função de uma variável fundamental, o tempo. Devido, por vezes à ambiguidade, escassez e dispersão da informação existente sobre este assunto, não é pacífico estabelecer relações de causa/ efeito com a intenção de determinar as influências e suas implicações diretas no sistema construtivo dos palheiros. Por esta razão, a definição dos limites cronológicos de cada fase é vaga e imprecisa. Contudo, é importante referir que estas fases, ou



etapas, devem ser entendidas dentro de uma sequência em que o desenvolvimento de uma não implica a extinção da anterior, mas por vezes, a sua evolução paralela.

Perante o cenário que encontrou, Moutinho (2007) sugere duas iniciativas: o restauro ou reconversão destas construções, que refletem o modo de vida de tempos passados e a identidade local ao nível urbano, arquitetónico, construtivo, sociológico e económico. A primeira prende-se com a proteção do património edificado, conservando o aspeto original ou impedindo a sua degradação; a segunda tem um objetivo mais utilitário, em que se procura adaptar os palheiros existentes a novos usos.

Moutinho (2007) conclui que os palheiros são o exemplo da interação entre edifício e lugar, mas que, no entanto, não faz sentido mimetizar de modo nostálgico uma arquitetura que teve a sua origem num passado marcado por condicionantes agora inexistentes. Fazem parte de uma história que merece ser respeitada, preservada, e por isso interpretada dentro de uma dinâmica arquitetónica influenciada pela imergência de variáveis tecnológicas, formais, e conceptuais, e por isso fazer a mediação entre os valores arquitetónicos do passado e do presente, em função de um equilíbrio urbano consequente.

Também no contexto nacional este tema é abordado por Fernandes et al. (2016), referindo vários exemplos nacionais de construção vernácula e os contributos que estes podem ter para a sustentabilidade dos edifícios modernos. Segundo Fernandes et al. (2016) a arquitetura vernácula é um tipo de construção modelada pragmaticamente pela escassez de recursos, sendo também o paradigma de estreita relação com as condições específicas de cada local e por isso pode contribuir para os novos desafios que se colocam à arquitetura contemporânea, porque vernáculo não significa passado, mas sim o que é próprio dos sítios.

Numa primeira fase, tal como os estudos supramencionados, estes eram muito vocacionados para análises qualitativas, de forma a identificar e a distinguir os vários tipos de arquitetura vernácula existente, muitos dos quais preocupavam-se em documentar o modo como as tradições vernáculas se relacionam com condições económicas, sociais ou climáticas em termos mais gerais, formais ou funcionais.

Com o tempo surgiu a necessidade de perceber qual o impacto e influencia deste tipo de arquitetura e das suas estratégias e por isso, gradualmente, surgiram mais estudos quantitativos. Nos estudos mais recentes, focados no desempenho ambiental e na sustentabilidade da arquitetura vernácula, o objetivo é ir além dos estudos anteriores a fim de analisar quão bem as estratégias vernáculas se comportam na relação com o meio e para consagrar o que pode ser aprendido do seu desempenho de modo a enriquecer a arquitetura contemporânea.

A pertinência do tema é demonstrada pelos inúmeros estudos que têm vindo a ser publicados. Para além dos estudos mais vocacionados para análises qualitativas, de forma a identificar as estratégias e as características da arquitetura vernácula, a necessidade de perceber qual o impacto e a influência das estratégias passivas destes edifícios no seu desempenho térmico têm dado origem à publicação de mais estudos quantitativos. É de realçar também o facto de estes estudos terem origem em diferentes partes do mundo, como são exemplo os trabalhos de Cardinale et al. (2013), Dili et al (2010), Singh et al. (2008), Martín et al. (2010) e Sayigh & Marafia (1998), e de nestes ter sido demonstrado que os edifícios vernáculos conseguem atingir níveis aceitáveis de conforto térmico ao longo de quase todo o ano recorrendo apenas a estratégias passivas, em certos casos com a temperatura no interior do edifício a permanecer quase constante. O funcionamento passivo e o baixo índice tecnológico das estratégias vernáculas são aspetos adequados para aplicações em edifícios contemporâneos, principalmente na conceção de edifícios-passivos. Por este motivo, a arquitetura vernácula continua a ser objeto de diversos estudos, cujos resultados destacam que a utilização das técnicas vernáculas e materiais locais na conceção de edifícios, desenvolvidos na necessidade de adaptação a um território e clima específicos, contribuirá para a redução do desperdício, dos consumos energéticos e conseqüentemente das emissões de carbono, entre outros impactes ambientais (Kimura, 1994; Cañas and Martín, 2004; Singh, Mahapatra and Atreya, 2011).

No contexto nacional a situação não é diferente, podendo-se citar o exemplo do estudo que tem vindo a ser desenvolvido por Fernandes et al. (2015) analisando e avaliando o desempenho térmico de vários tipos de construções vernáculas portuguesas e os contributos que estas podem ter para a sustentabilidade do ambiente construído. Em alguns dos casos de estudo analisados, foi possível atingir o conforto térmico interior durante grande parte do ano recorrendo apenas a sistemas passivos (Fernandes *et al.*, 2015). Fernandes et al. (2015) afirmam também que a

ação dos ocupantes pode influenciar positivamente os perfis de temperatura interior e humidade relativa do edifício. Outra conclusão importante que se retira deste estudo é de que as estratégias vernáculas passivas podem ser um recurso para edifícios onde se pretende otimizar as condições de conforto térmico, reduzindo o consumo de energia. Adicionalmente, devido à simplicidade e pragmatismo deste tipo de arquitetura, a mesma apresenta um potencial significativo de aperfeiçoamento e adaptação à construção contemporânea.

Cardinale et al desenvolveram um estudo quantitativo onde se compara os resultados das medições *in situ* de um caso de estudo, com os resultados da modelação dinâmica do seu comportamento térmico (Cardinale, Rospi and Stefanizzi, 2013). As principais conclusões que os autores tiram do estudo foram: a análise demonstrou que sem uma campanha experimental adequada envolvendo medições laboratoriais e *in situ* é difícil simular o comportamento higrotérmico de estruturas vernáculas com programas informáticos como DesignBuilder/EnergyPlus; a fase experimental e a subsequente fase de validação são essenciais para estruturas que são caracterizadas pela incerteza e complexidade da arquitetura estrutural do edifício; só através de uma pesquisa integrada com medições *in situ*, testes laboratoriais e simulações numéricas, foi possível quantificar o comportamento térmico das estruturas complexas de Sassi e Trulli.

O estudo focado na adaptação ao contexto local, clima e disponibilidade de materiais de construção é essencial, sendo um erro pensar que existe apenas um modelo de arquitetura sustentável (Zardini *et al.*, 2008), já que as condições locais fazem variar o tipo de respostas a essas condicionantes, como o demonstram os diversos exemplos de arquitetura vernácula das mais diversas regiões. Assim, a análise de vários tipos de arquitetura vernácula é necessária para se conseguir reunir o máximo de soluções possíveis para cada local, por isso mesmo, apesar de já existirem bastantes estudos sobre este tema, a arquitetura vernácula nacional em madeira carece de uma análise mais objetiva e quantitativa. Artigos sobre as construções avieiras como “Técnicas Construtivas Avieiras” de Inês Calor (2011), ou os estudos anteriormente mencionados que abordam o desempenho sobre este tipo de construções, não abordam a questão quantitativa do desempenho, e como refere Cardinale et al. (2013), só através de uma pesquisa integrada com medições *in situ*, testes laboratoriais e simulações numéricas, é possível quantificar o comportamento térmico de um tipo de construção. É com o

intuito de preencher estas lacunas, e de constituir uma inovação em relação ao tema que o presente estudo é realizado.

### **3.3. Contributo da Arquitetura Vernácula para a Sustentabilidade dos Edifícios**

O setor da construção, como já foi referido, possui elevada intensidade energética sendo responsável por cerca de um terço das emissões de carbono (Ürge-Vorsatz *et al.*, 2007) e consome mais matérias-primas (aproximadamente 50% em massa) que as restantes atividades económicas a nível mundial (Pacheco-Torgal and Jalali, 2012). O setor dos edifícios é estratégico para a sustentabilidade da construção, já que na União Europeia este último representa cerca de 40% do consumo total de energia (União Europeia, 2012). O estudo e análise das construções vernáculas poderão trazer benefícios para o setor da construção, principalmente por estas serem um tipo de arquitetura que se adapta ao clima local e que, conseqüentemente poderão ter um contributo positivo para a redução da utilização de energias de fonte não renovável (Kimura, 1994).

A arquitetura vernácula moldada por diversas condicionantes, e otimizando os poucos recursos de que as populações gozavam, desperta a atenção pelo vínculo que possui com os três pilares da sustentabilidade, economia, sociedade e ambiente (Fernandes, 2012).

Nos projetos de construção com preocupações de sustentabilidade, os objetivos mais frequentes são: a minimização de consumo de energia, o uso de materiais e produtos ecológicos, a conservação e proteção de recursos hídricos, a preservação da identidade cultural e regional, a otimização do potencial do local, práticas otimizadas de operação e manutenção e ambiente interior saudável e confortável. Estas preocupações e práticas podem ser observadas em grande parte das construções vernáculas. Assim, as construções vernáculas são pertinentes casos de estudo com potencial de aplicação à construção contemporânea e possível contributo para uma construção mais sustentável, através das suas estratégias de adaptação ao clima e reduzido índice tecnológico (Fernandes, Mateus and Bragança, 2016).

Os edifícios de construção moderna têm grandes necessidades energéticas o que provoca grande impacto económico na sociedade e também impacto ambiental. Este problema pode ser reduzido em parte pela construção vernácula pois estudos como os de Cardinale et al. (2013), Dili et al (2010), Singh et al. (2008), Martín et al. (2010) e Sayigh & Marafia (1998) demonstram, que este tipo de construção atinge pelo menos um desempenho semelhante, necessitando de quantidades de energia muito inferiores. Isto é um fator de redução do impacto económico pois o custo da energia atualmente é bastante alto e com grande impacto na sociedade dos nossos dias. Para esta redução das necessidades de energia de um edifício podem contribuir consideravelmente as estratégias passivas utilizadas nas construções vernáculas, entre as quais, por exemplo, as estratégias passivas de arrefecimento, pois é cerca de três vezes mais difícil, e como consequência mais dispendioso, arrefecer um compartimento 1°C que aquecê-lo na mesma medida (Schittich, 2003).

Os edifícios passivos, tal como os edifícios vernáculos, necessitam de menos equipamentos para condicionar o ambiente interior e como consequência reduzem os seus impactos ambientais, económicos e sociais. A redução das necessidades energéticas dos edifícios contribui também para a redução do impacto ambiental da construção pois os equipamentos técnicos têm uma influência significativa nos impactos ambientais dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida (Passer, Kreiner and Maydl, 2012). Assim, ao utilizar o conhecimento adquirido das construções vernáculas e das suas estratégias, pode-se reduzir o custo inicial de um edifício e custos ao longo do ciclo de vida, através da redução das necessidades energéticas e consequente redução de utilização de equipamentos e energia.

Ao aplicar as técnicas de construção vernácula e utilizar materiais autóctones na conceção de edifícios poderá reduzir-se os desperdícios do setor da construção e os consumos energéticos, contribuindo para a diminuição das emissões de carbono além de outros impactos ambientais (Kimura, 1994); (Gallo, 1994); (Coch, 1998); (Cañas and Martín, 2004); (Singh, Mahapatra and Atreya, 2011). Portanto, as construções vernáculas, ao utilizarem materiais locais, possuem um reduzido potencial impacto ambiental e económico, e transportam para si as valências que estes possuem. Algumas das vantagens de utilização de materiais locais são: reduzidas necessidades de transporte; necessitam de pouco processamento e consequentemente possuem baixa energia incorporada e reduzidas emissões de dióxido de carbono; são materiais naturais,

muitas vezes orgânicos, biodegradáveis e renováveis; e apresentam baixa manutenção ou manutenção de baixo custo (Fernandes *et al.*, 2015). Outra vantagem reside em muitos destes materiais usarem no seu processamento mais mão-de-obra e energia solar do que energia fóssil (Sassi, 2006).

Para além dos materiais, grande parte das construções vernáculas utilizam estratégias passivas que visam melhorar a qualidade do ambiente interior por forma a otimizar o conforto aos utilizadores (Dili, Naseer and Zacharia Varghese, 2010). Fernandes et al. (2016) destacam a importância da forma arquitetónica na arquitetura sustentável, que é descrita num diagrama criado por Stefan Behling (Figura 11). Este diagrama é constituído por dois triângulos, um representa o “Hoje” como um sistema aditivo (adicionar camadas, despesas e sofisticação) como suporte da sustentabilidade e o outro representa a alternativa para o “Futuro” que consiste na inversão do triângulo “Hoje” e por consequência da importância dos sistemas ativos, sistemas passivos e forma arquitetónica, restabelecendo assim a primazia desta.

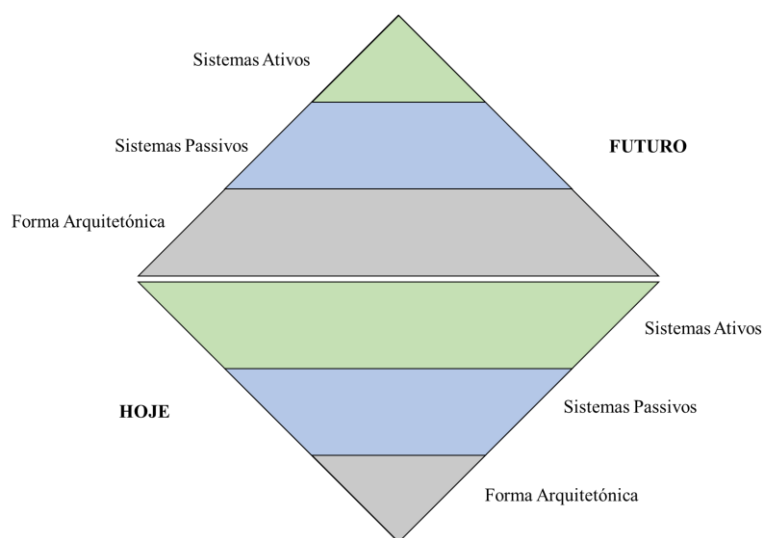


Figura 11 - Diagrama de Behling – (fonte: Fernandes et al. (2016))

No futuro dever-se-á procurar um equilíbrio entre a tradição e a modernidade, um sistema híbrido que reúna materiais inteligentes com materiais tradicionais (Ábalos, 2009 citado em Fernandes, Mateus and Bragança, 2016). No entanto, ignorar todo o conhecimento e potencial tecnológico existente hoje seria um erro quando se pretende atingir edifícios de alto desempenho (Leatherbarrow and Wesley, 2009).

Fernandes et al. (2012) referem que é de enorme relevância para assentar a definição do futuro acrescentar um novo triângulo ao diagrama de Behling (Figura 12) que represente o Passado, constituído apenas pela forma arquitetónica e sistemas passivos (Fernandes, 2012).

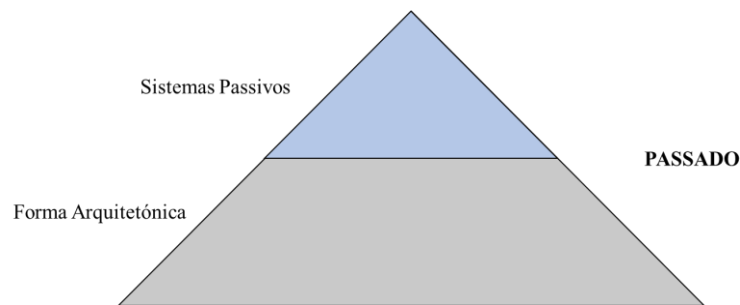


Figura 12 - Triângulo "Passado" a acrescentar ao Diagrama de Behling (fonte: Fernandes et al. (2016))

No caso específico dos Palheiros, também se podem encontrar contributos para uma construção mais sustentável. Uma das questões que se prende com esta sociedade sempre em movimento, é a portabilidade das construções. O culminar do processo evolutivo desta arquitetura traduziu-se, provavelmente, na mobilidade de alguns exemplares, resultado de um apuramento empírico da construção no sentido de resolver problemas ou limitações (Moutinho, 2007).

Oliveira & Galhano (1964) descreveram o processo de movimentação de um palheiro, o edifício era levantado por alçapremas, posteriormente com o auxílio de macacos, colocado sobre grossos toros de madeira puxados por juntas de bois e montado novamente no local escolhido sobre outros esteios. Mais tarde, esses toros foram substituídos por um rodado forte, composto por um eixo comprido com duas rodas muito largas, como as dos carros da praia (Moutinho, 2007). Também Rocha Peixoto disse que era usual remover as telhas dos palheiros para o transporte destes ser efetuado com maior facilidade, para zonas mais afastadas do ímpeto das marés vivas (Brito, 1960).

Moutinho (2007) conseguiu na Câmara Municipal de Ovar documentação fotográfica única de um palheiro construído em Maceda e posteriormente deslocado para Cortegaça. Em 1953, este exemplar, de fundação Permeável sobre moirões, foi puxado por 41 juntas de bois, aproximadamente 3km, desde a Praia de Maceda até à praia de Cortegaça, para o local onde ainda permanece (Figura 13).

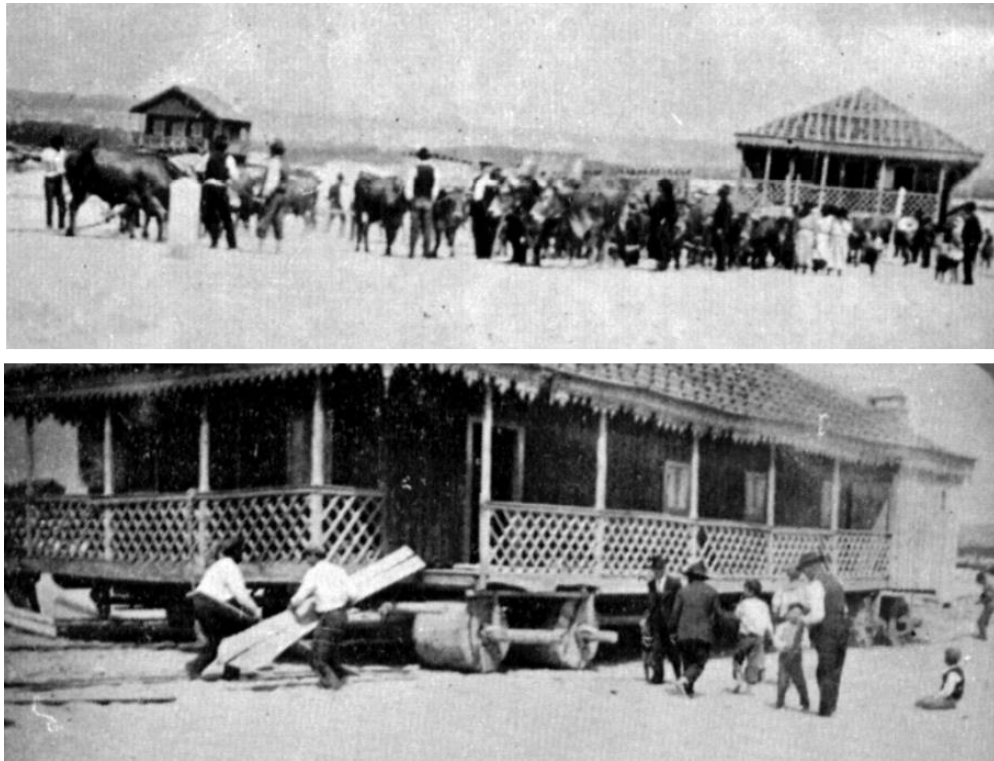


Figura 13 - Transporte de palheiro sobre rodas, puxado por juntas de bois em 1953 (fonte: Moutinho (2007))

Outra característica cada vez mais comum nas construções atuais, é a possibilidade de adaptação a diferentes cenários em termos de compartimentação. Os palheiros, principalmente da Costa Nova, são providos de uma organização funcional que permite uma variedade de usos verdadeiramente surpreendente para um tipo de arquitetura que se espera ingénuo (Moutinho, 2007). São palheiros que, por serem destinados ao aluguer, foram concebidos prevendo o seu uso em partes e que com a existência de compartimentos permutáveis situados entre fogos tornam a área de cada fogo mais flexível, encerrando para uns e abrindo para outros (Moutinho, 2007).

Sendo os palheiros construções, que na sua génese primitiva respondiam a funções de abrigo básicas, evoluíram para formas habitacionais que, de acordo com motivação de ordem económica e sociológica, adquiriram uma complexidade interessante do ponto de vista funcional que permite uma fácil adaptação às necessidades particulares de cada ocupante, ou grupos de ocupantes (Moutinho, 2007).



No ciclo de vida das construções também é necessário ter em conta os custos com a manutenção. Os pescadores protegiam a madeira dos palheiros com óleo queimado das traineiras (AAVV, 1988). Depreende-se da condição económica dos pescadores, que a manutenção representava um baixo custo, ao serem utilizados os mesmos materiais que eram aplicados nos barcos. Este tipo de construção em madeira possui um potencial atual de pré-fabricação e de manutenção económica dos seus revestimentos peça a peça (Fernandes, 2012).

Em suma, o contributo da arquitetura vernácula para uma maior sustentabilidade dos edifícios pode ser significativo, resta agora que os estudos avancem antes que este tipo de construções não resista ao ímpeto da sociedade moderna. Duas imagens comuns e tenazes da arquitetura vernácula são, que esta é um lembrete pitoresco de modos de vida do passado ou um obstáculo no caminho do progresso. No entanto, a arquitetura vernácula tornou-se uma alternativa mais sustentável ou antecessora às formas convencionais de arquitetura contemporânea e suas associações com consumo excessivo de energia, poluição e desperdício de recursos (Vellinga, 2013).

## **4. ARQUITETURA VERNÁCULA PORTUGUESA EM MADEIRA – PALHEIROS DE MIRA**

### **4.1. Enquadramento**

Os territórios continental e insular de Portugal são marcados pela heterogeneidade entre si pelo que deu origem ao desenvolvimento de diferentes tipos de arquitetura vernácula (Figura 13). São notórias as demarcações entre a casa transmontana e a casa alentejana, aperfeiçoadas ao longo das várias gerações, que demonstram o engenho do Homem com poucos meios tecnológicos face às adversidades (Fernandes, 2012). As construções vernáculas enfrentam as adversidades dos diferentes locais adaptando-se, através de estratégias simples, funcionais e passivas, o que faz com que este tipo de arquitetura seja uma inspiração para a construção contemporânea na procura de soluções sustentáveis.

No contexto português, a construção vernácula em madeira surge associada a zonas ribeirinhas e costeiras, e a atividades económicas relacionadas com a pesca. A escassez de materiais mais comuns para a construção como a pedra e a terra (adobe, taipa, etc.), mas também a dificuldade que seria construir com estes em zonas de aluvião e areia, permitiu que madeira se afirmasse como o material mais adequado e viável nestes contextos. No entanto, esta preferência deve-se também ao custo de construção neste material ser inferior face à casa de pedra e cal (Oliveira and Galhano, 1992). O caso dos palheiros da costa central portuguesa são disso um exemplo. A proximidade aos pinhais litorais conduziu a um tipo de construção integralmente em madeira. Este tipo de construção adequava-se ao tipo de solo e à humidade do ar (AAVV, 1988). A leveza da construção em madeira permitia a elevação da casa por meio de estacas, deixando fluir por baixo da construção a areia arrastada pelo vento, evitando a sua acumulação nas empenas (AAVV, 1988) (Cachim, 2014) (Oliveira and Galhano, 1992).

Com a exceção de estruturas como a gaiola pombalina e os palheiros do litoral, a utilização da madeira em Portugal limitou-se apenas às asnas de cobertura e aos pavimentos das habitações, no entanto, mais recentemente, as estruturas de madeira voltaram a ter alguma importância e a sua utilização é crescente e o futuro destas no nosso país parece promissor (Cachim, 2014).

A construção em madeira em Portugal teve maior expressão no litoral, junto à costa, entre Aveiro e Nazaré, onde este tipo de construção predominou durante muitos anos. As primeiras habitações construídas integralmente em madeira apareceram no litoral de Portugal no final do século XVIII, tornaram-se na imagem de vivência do pescador, limitado pelas necessidades, e por isso constituídos por espaços singelos, onde habitavam famílias numerosas (Silva, Mendonça and Branco, 2011). Mascarenhas (2014) na Figura 14 faz referência a algumas características do meio e estratégias das várias construções. Sobre os palheiros refere que, como se tratam de construções junto ao mar estão sujeitas a ventos fortes e pluviosidade intensa, estão construídos sobre estacas para permitir o movimento das areias e as paredes são de madeira para resistir à salinidade. Nos primórdios destas construções a cobertura era de colmo e não possuem aberturas do lado do mar.

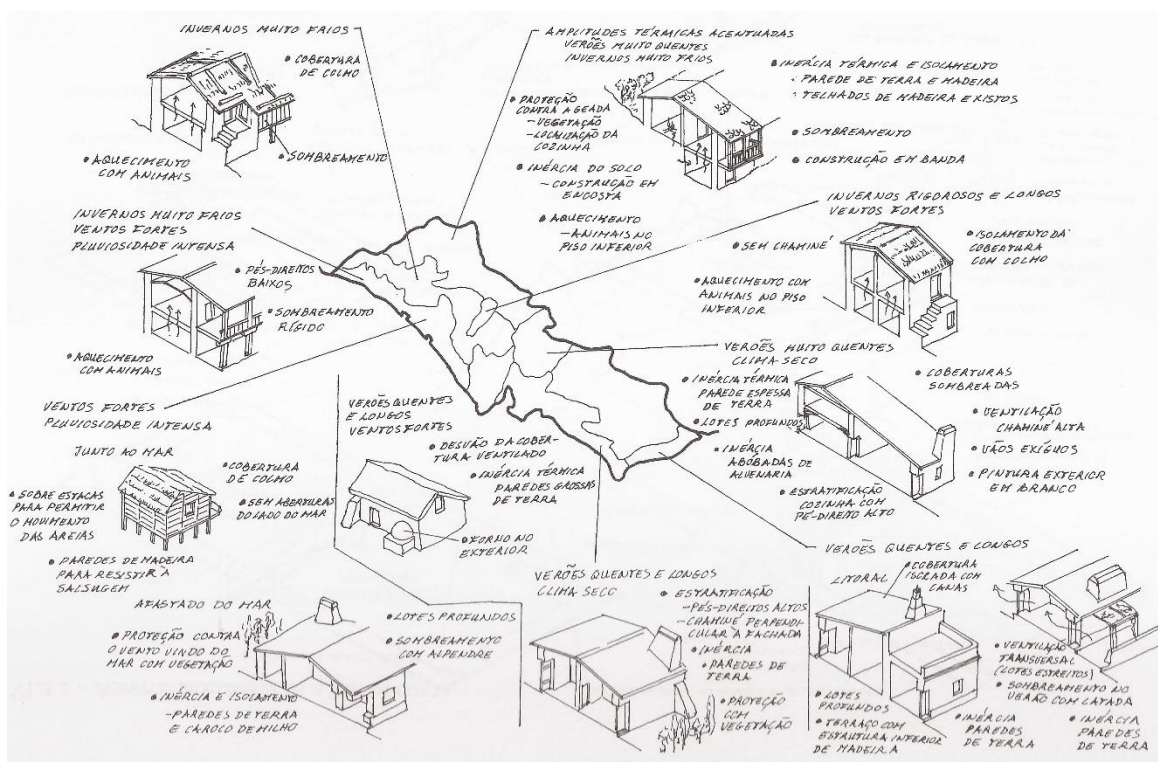


Figura 14 - Aspectos bioclimáticos da Arquitetura Regional (fonte: Mascarenhas (2014))

Os edifícios totalmente construídos com materiais leves como a madeira, com a sua pequena inércia térmica, são um problema em climas como o de Portugal, a amplitude térmica registada resulta numa excessiva oscilação térmica diurna da temperatura interior, e são mais apropriados para climas invariavelmente frios ou quentes como em países do Norte da Europa ou Canadá, com poucas oscilações térmicas diurnas e anuais, onde a capacidade de isolamento é mais importante que a inércia (Mendonça, 2005). É claro que no litoral de Portugal, o clima é mais ameno e com menos oscilações térmicas, o que propiciou à construção em madeira que proporcionava abrigo da chuva e da radiação solar que não implicava uma grande inércia.

O caso da Praia da Mira é particularmente interessante para o estudo em causa porque foi o local onde este tipo de construção teve a sua maior expressão, não só pela dimensão do aglomerado mas também pela dimensão de alguns edifícios que atingiam os três andares (Figura 15) (Brito, 1960). No entanto, também foi aqui que o declínio deste tipo de construção se revelou mais acentuado quando, no final da década de 40 do séc. XX, a aprovação do Plano de urbanização de Praia de Mira proibiu a construção e a conservação dos palheiros de madeira (Teixeira & Belém, 1998 e Brito (1960)).

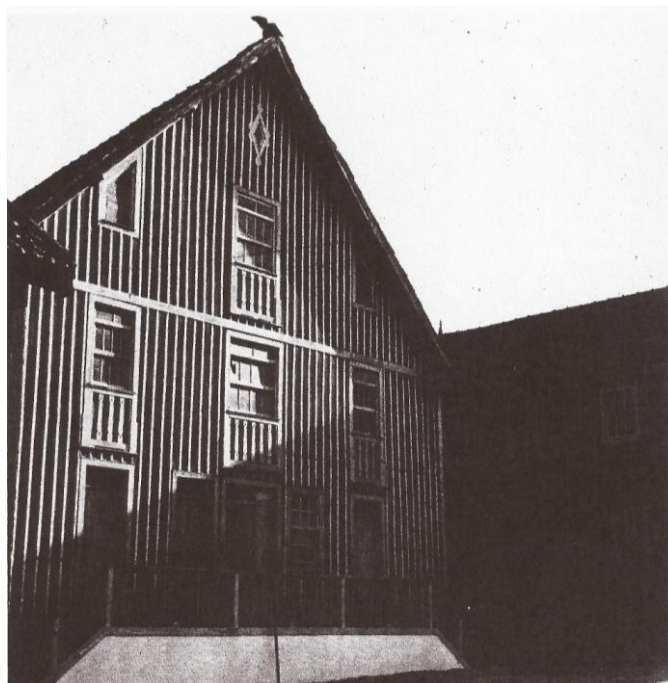


Figura 15 - Palheiros em Praia de Mira - Fonte: APP (1988)

Nos dias de hoje não restam mais que alguns exemplares deste tipo de construção em Praia de Mira, pelo que é relevante perceber se este tipo de construção poderia voltar a ter potencial neste contexto regional e climático. Assim, é relevante perceber o seu desempenho funcional, mais concretamente ao nível do desempenho térmico e energético. A construção em madeira apresenta algumas vantagens no contexto da sustentabilidade por ser um recurso renovável mas também porque possui um potencial de pré-fabricação, de manutenção peça-a-peça (Fernandes, 2012) e pela portabilidade inerente às características deste tipo de construção (Moutinho, 2007).

#### 4.1.1.A origem dos Palheiros de Mira e o seu declínio

A partir do século XIX, em todo o litoral próximo do mar, formaram-se aglomerados de pescadores (na sua maioria oriundos de Ílhavo), inicialmente temporários formados por homens e mulheres que se dedicavam à pesca e mais tarde permanentes com a vinda das famílias (Brito, 1960). A seguir, começaram a atrair as populações das localidades interiores mais próximas, e é dessas que derivam os nomes destes aglomerados (Brito, 1960): Praia da Vagueira, Palheiros de Mira, Palheiros da Tocha, Palheiros de Quiaios, Costa de Lavos, Praia de Vieira (de Leiria) (Figura 16). Tal como a própria povoação, os palheiros de Mira (Figura 17) foram desenvolvidos e aperfeiçoados naqueles areais nos tempos recentes por camponeses oriundos do interior, de Portomar, Cabeço de Portomar, Vila de Mira, e do Norte e Sul (Reigota, 2000).

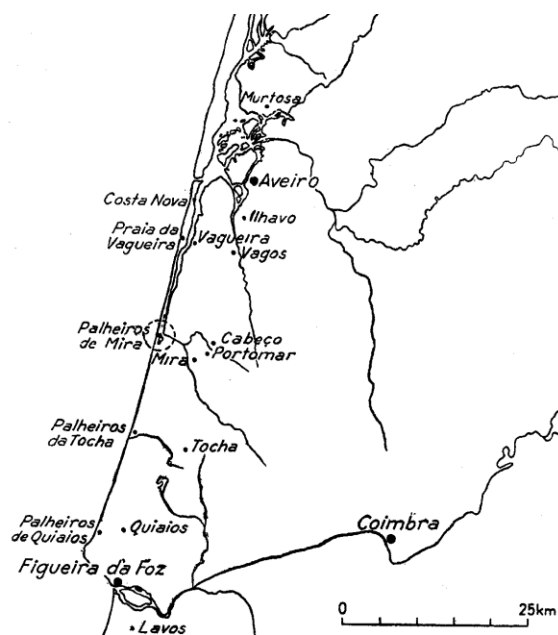


Figura 16 - Lugares de pesca e povoações do interior próximas que contribuíram para a formação e desenvolvimento dos aglomerados de palheiros (fonte: Brito (1960))



Figura 17 - Palheiros assentes em estacaria sobre a Barrinha em meados do século XX (fonte: Reigota (2000))

Numa região, a Gândara, com escassez de materiais pesados e com abundância de grandes florestas, as primeiras habitações teriam sido de madeira, utilizada desde tempos imemoráveis (Reigota, 2000). Até meados do século XX, em todos estes lugares, era a barraca de madeira a única tipologia de casa utilizada (Brito, 1960). O edifício era na totalidade construído em madeira, à exceção da cobertura, onde o material utilizado era, geralmente, o estorno (*Ammophila arenaria*), planta que fixa as dunas, e daqui surge a denominação de palheiros (Brito, 1960).

No século XIX, as praias eram caracterizadas pelas fracas acessibilidades (Figura 18), as difíceis condições de habitabilidade, a falta de água potável, a inexistência de transportes que deslocassem a população de uma forma acessível para as suas casas não permitia a estadia para além do mês de novembro e durante a quadra invernal (Duque, 2003). Só no verão as ruelas de areia tinham movimento, os pescadores chegavam com as suas famílias e arrastavam com eles os comerciantes, o carteiro e os primeiros banhistas (Brito, 1960). O mês mais concorrido era agosto, todos os palheiros tinham gente, uns ocupados pelos proprietários outros alugados aos veraneantes, “*que contraste deve sentir o guarda-fiscal entre este tempo animado e os longos meses de inverno, em que ele é o único habitante deste lugarejo morto...*” (Brito, 1960).

Entre 1835 e 1870 as estadias tornara-se mais prolongadas, e para isso foi necessário criar condições de habitabilidade, alterando o uso do palheiro para habitação permanente (Duque, 2003).

Leite de Vasconcelos descreveu a originalidade destas localidades, dizendo que não seria fácil ver noutra região do país o que se observava naqueles lugares, “...*uma aldeia com as casas, todas de madeira, erguidas no ar, sobre espeques, também de madeira, enterrados na areia*” in História do Museu Enológico Português (1893-1914) (Brito, 1960). Pela falta de pedra e pela existência de matas nas proximidades, foi somente ou sobretudo no litoral arenoso que este tipo de construção se desenvolveu (Brito, 1960).



Figura 18 - Ruas estreitas e tortuosas em Praia de Mira (fonte: (Coelho, 2008))

“Até 1959 todas as casas eram de madeira, exceto o posto da Guarda Fiscal”, mas nesse ano foram construídas quatro casas de betão (Brito, 1960), começando assim a substituição da madeira pelo betão ou alvenaria como material de construção principal em Praia de Mira.

A maior originalidade deste aglomerado de pescadores/agricultores era exatamente a sua arquitetura de madeira que, sem ser monopólio desta região, adquiriu aqui a sua expressão mais pura. Na década de 50 existiam mais de 600 construções em madeira que constituíam quase a totalidade da povoação até ao final dos anos 60 (Pereira and Cunha, 2010).

A substituição da madeira utilizada nas habitações de construção tradicional por tijolos de cimento foi impulsionada por duas fábricas locais que forneciam estes materiais a preços competitivos, mas foi a atuação do estado e das entidades administrativas que deu o empurrão definitivo (Brito, 1960).

Os Planos de Urbanização começaram a surgir com alguma relevância no início do século XX e em 1934, o ministro Duarte Pacheco nomeou uma comissão para efetuar os estudos de urbanização na Praia dos Palheiros de Mira (Santos, 2016). Esse plano pertencia ao conjunto dos primeiros quatro Planos de Urbanização submetidos ao Conselho Superior de Obras Públicas, que curiosamente correspondiam a aglomerados balneares - Praia da Rocha, Praia de Mira, Praia de Monte Gordo e Praia de Moledo (Lobo, 2012).

O fado deste aglomerado começou a ser traçado em 1948, quando os Serviços de Urbanização realizaram um inquérito em Palheiros de Mira (só mais tarde teve a denominação de Praia de Mira), e estabeleceram as bases do seu plano de urbanização (Brito, 1960) (Figura 19). Esta identidade concluiu que estes palheiros não obedeciam a normas higiénicas contemporâneas e que por falta de sistema sanitário, dotando estes aglomerados de inevitáveis odores indesejados e evidente falta de higiene (Brito, 1960).

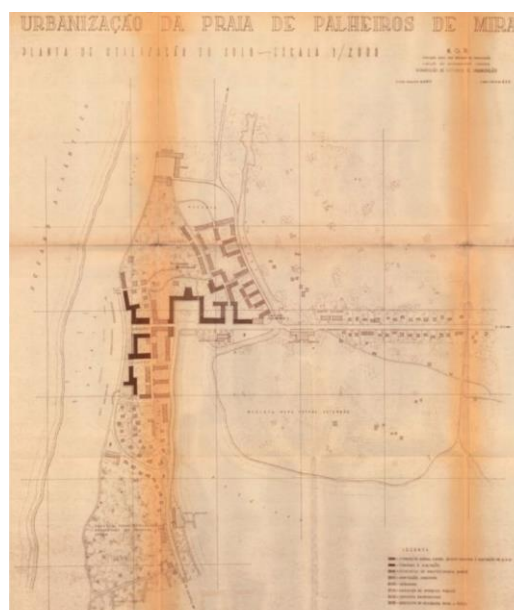


Figura 19 - Urbanização da Praia de Palheiros de Mira, 1948 (fonte: Lobo (2012))



Outras observações deste estudo concluíram que a agricultura era insuficiente para as necessidades da população e a pesca pouco rentável, conduziam à deficiência económica da população que resultavam numa manifestação excessiva de humildade agravado com a lotação excessiva de algumas casas (Brito, 1960). Com base neste inquérito, o plano de urbanização “*e de destruição*” previa algumas medidas, como, por exemplo, a fixação das areias na vertente norte da duna, abastecimento de água e rede de esgotos e a substituição progressiva das habitações (Brito, 1960).

A situação já precária dos palheiros agravou-se quando a Câmara Municipal de Mira, em 1953, emitiu um despacho que proibiu a reparação das habitações em madeira. Com as habitações deliberadamente arruinadas, facilmente as autoridades concluem que elas são impróprias e que necessitam de ser substituídas (Brito, 1960). Os habitantes com fraca capacidade financeira não conseguem “*trocar o casebre de madeira por qualquer dos blocos de cimento que passará a ocupar o mesmo chão*”, e como a reparação dos palheiros é proibida aceitam a troca destes por um terreno mais a norte, expostos aos ventos frios em moradias de alvenaria por concluir (Brito, 1960).

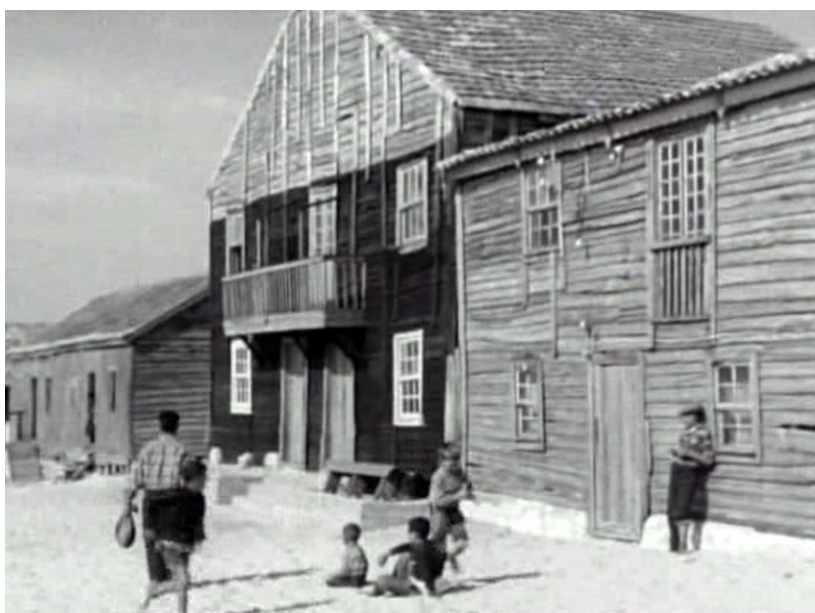


Figura 20 - Palheiros que desenham o litoral em Praia de Mira, 1958 (fonte: Santos (2016))

De forma a dar resposta ao aumento imprevisível do número de interessados em obter licenças para a construção, em especial de novas moradias de férias, no final de 1958 a Câmara Municipal de Mira submete à DGSU um pedido de remodelação e a atualização dos traçados

de urbanização aprovados anteriormente (Lobo, 2012). Face a esta realidade, o Antepiano de Urbanização da Praia de Mira (Figura 21), de 1961, definia três níveis de atuação futura: a consolidação da malha existente (a laranja na Planta de Urbanização), no sentido de clarificar o desenho da forma urbana e o zonamento propostos; a infraestruturização do aglomerado, dotando-o com os equipamentos (representados a vermelho) necessários ao seu eficaz e equilibrado funcionamento; e a previsão da expansão urbana, orientando o crescimento desta Praia para a área delimitada entre a Estrada Nacional e a Barrinha de Mira (Lobo, 2012).



Figura 21 - Antepiano de Urbanização da Praia de Mira, 1958 (fonte: Lobo (2012))

Assim, através da criação de um novo centro de veraneio erradicou-se completamente o aglomerado existente, sobrepondo-lhe uma disposição urbana que levou à destruição da imagem de Praia de Mira tal como era conhecida (Figuras 22 e 23). Com base nesta realidade,

Brito (2016) referiu que na povoação construíram-se “*banais blocos de cimento*” e “*moradias de veraneantes, a maior parte das vezes de mau gosto*”, pelo que “*a pitoresca aglomeração de pescadores que ainda é hoje Palheiros de Mira desaparecerá brevemente*”. Brito (1960) reconhece que os palheiros tinham uma área muito reduzida para o número de habitantes, e que as medidas higiénicas rigorosas eram inevitáveis e urgentes, mas “*tudo isso se poderia fazer sem sacrificar uma população de gente de trabalho aí enraizada há um século, em benefício de futuros veraneantes endinheirados*” (Brito, 1960).

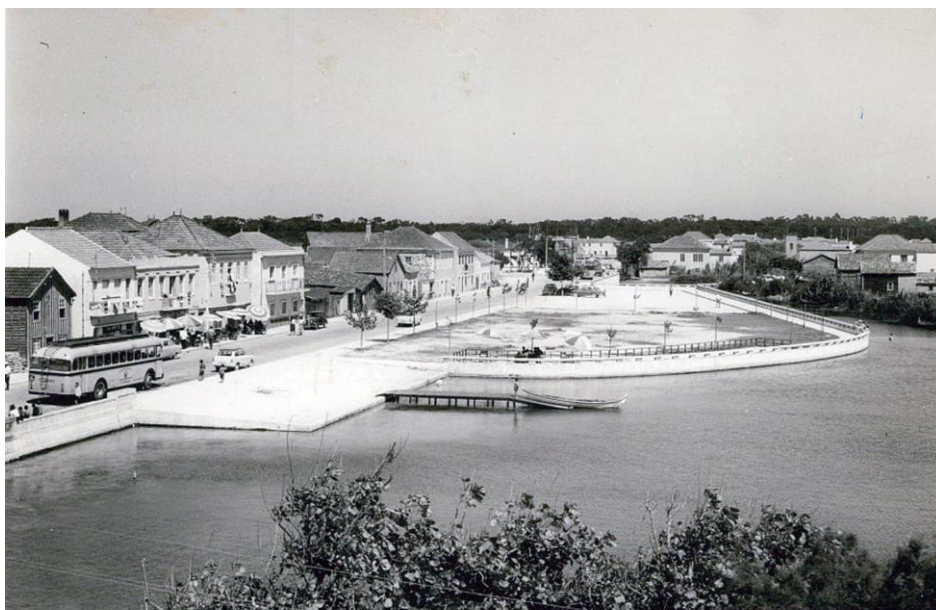


Figura 22 - Transformação da Barrinha e do eixo viário perpendicular à praia consoante o Antepiano de Urbanização da Praia de Mira, 1958 (fonte: Santos (2016))



Figura 23 - Património ameaçado em Praia de Mira (fonte: Coelho (2008))

A construção em madeira, parte integrante da cultura local, torna-se um valor pouco importante em meados do séc. XX, altura em que as medidas tomadas pelas entidades administrativas inseridas numa política de higienização urgente foram colocadas em prática em função da população sazonal endinheirada e não da população nativa (Associação dos Arquitectos Portugueses 1988 citada em Moutinho 2007). Ao contrário do que aconteceu em Praia de Mira, os Serviços de Urbanização contribuíram para a continuação da tradição local das construções em madeira na Costa Nova (Brito, 1960).

#### 4.1.2. Situação atual em Praia de Mira

No passado Praia de Mira era conhecida pela complexidade, dimensão e beleza dos seus palheiros, atualmente inexistentes ou num estado de degradação avançado (Andrade, 2001). Os palheiros são construções que, apesar de terem sido na sua origem, integralmente em madeira, revelaram-se extremamente vulneráveis ao aparecimento de novos materiais (Moutinho, 2007).

O betão substituiu os antigos métodos de vencer os vãos e suportar cargas, e em meados do século XX o uso do material em Portugal era ainda desordenado e muitas vezes errado, pois quem construía não tinha noção do seu dimensionamento e dos seus princípios construtivos (AAVV, 1988). É interessante verificar que, na área da arquitetura em madeira, a transição para materiais contemporâneos como o betão, foi fácil pela noção de estrutura que a madeira incutiu nos operários da região. As vigas, as escoras ou pilares, outrora em madeira, foram substituídas por elementos em betão de uma forma espontânea e correta (AAVV, 1988).

Moutinho (2007) refere que depois de realizadas as visitas necessárias a grande parte do litoral Português, concluiu que, ao contrário das piores expectativas, ainda existe, aproximadamente, uma centena de palheiros. De entre os exemplares encontrados por Moutinho (2007) são raros os que apresentam as características inventariadas no passado. Na sua maioria evoluíram para se adaptarem às necessidades atuais dos proprietários, acrescentando conforto e segurança, dificultando, por vezes a identificação de características primitivas. Todavia, foram encontrados palheiros em ruína, ou com apenas algumas alterações e patologias, que se constituem como um testemunho genuíno de um processo construtivo original (Moutinho, 2007).

No levantamento realizado por Moutinho (2007) (Figura 24), foram identificados 15 palheiros existentes em Praia de Mira, o edifício do presente caso de estudo está identificado pelo número 62. Sem realizar uma visita ao local, mas através da ferramenta Google Earth com imagens de setembro de 2010, foi possível identificar 9 dos 15 palheiros identificados por Moutinho (2007).



Figura 24 - Fotografia aérea de Praia de Mira. (fonte: Moutinho (2007))

Praia de Mira é uma localidade marcada por palheiros de grande relevância para o conhecimento da prática construtiva estudada, no entanto a grande maioria encontra-se em ruína ou em mau estado de conservação (Moutinho, 2007). De há uns anos a esta parte o Museu Etnográfico está a fazer um trabalho de divulgação dos valores culturais que caracterizavam a localidade no passado para que estes não se percam.

Os palheiros de Praia de Mira, tal como no resto do país, foram substituídos por betão. Em vez de existir um património universal, se o bom senso imperasse e os mais de trezentos palheiros edificados tivessem sido preservados, não havia hoje um amontoado de casas de “cimento” totalmente descontextualizadas, sem qualquer critério visível de bom gosto ou de traços identitários (Serrano, 2014).

Uma vez que a construção de palheiros terá estagnado em meados do século XX, é natural que os palheiros que sobreviveram apresentem patologias graves ou reparações que são impercetíveis ou que descaracterizam o edifício (Moutinho, 2007). De entre as patologias mais frequentes encontradas no levantamento feito por Moutinho (2007), destacam-se três causas, a humidade, a variação térmica e a ação dos fungos e insetos. Estes agentes conduzem, geralmente, a dois problemas: deformações dos revestimentos, dos sobrados, paredes e cobertura, muitas vezes devido ao subdimensionamento das peças estruturais, face à variação das ações permanentes ao longo de um tempo de vida útil superior ao previsível; e degradação dos revestimentos e das extremidades de peças estruturais como vigas, barrotes, prumos e travessanhos (Moutinho, 2007).

Além do Museu Etnográfico, um dos exemplos vivos da construção em madeira em Praia de Mira é a Capela de N.ª Sr.ª da Conceição (Figura 25). A sua construção foi ordenada em 1843 frente ao mar, e fruto da devoção religiosa e carinho dos pescadores mantém a sua traça e localização original (CMM, 2017a).

Sem o estudo deste tipo de arquitetura vernácula, a recuperação deste património é uma missão hercúlea, e se os estudos qualitativos anteriores como o de Brito (1960) ou Galhano & Oliveira (1964, 1992) não tivessem sido realizados era uma missão impossível.



Figura 25 - Capela de N<sup>a</sup>. Sr.<sup>a</sup> da Conceição em Praia de Mira

Nos últimos anos, com a construção do Museu Etnográfico na década de 90 do século XX e com a conservação da Capela de Praia de Mira, este património vai sobrevivendo a muito custo. Em tempos mais recentes, foram construídos em 2012, vinte e um *bungalows* (Figura 26) no parque de campismo de mira, são edifícios de madeira construídos num conceito de palheiros, aliam a simplicidade da madeira com a modernidade.



Figura 26 - Bungalows do parque de campismo de Mira. (fonte: Rodrigues (2016))

#### 4.1.3. Função

A pesca e a agricultura foram as grandes atividades de Praia de Mira (Reigota, 2000). Os palheiros surgiram nas áreas de influência da arte da xávega (Figura 27) como construções de apoio à pesca como armazéns de redes (Figura 28), de alfaias e de salga e como construções de habitação temporária, normalmente de construção desleixada e na grande parte dos casos eram de grande precariedade, não tendo, por exemplo, instalação sanitária (Moutinho, 2007).

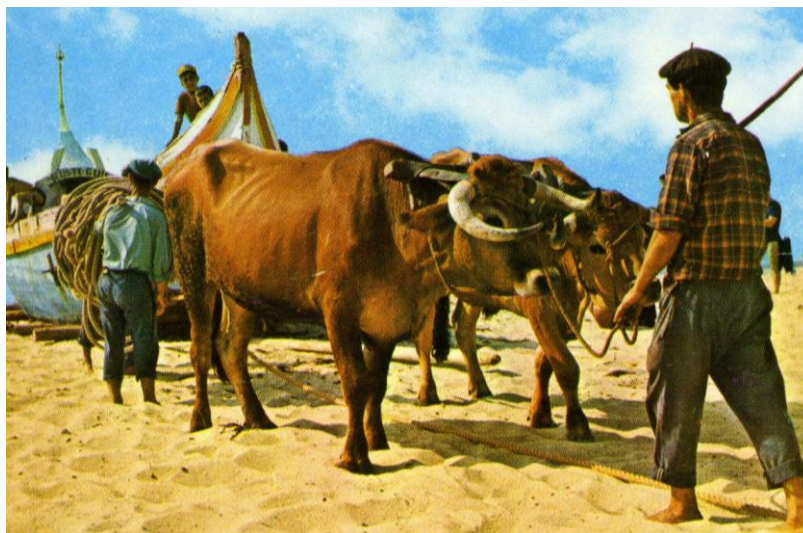


Figura 27 - Arte Xávega (fonte: Coelho (2008))



Figura 28 - Armazéns de redes em Praia de Mira (fonte: Moutinho (2007))

Posteriormente tornaram-se também em construções de apoio ao turismo, inicialmente os banhistas apoiavam-se nas instalações dos pescadores, alugando os seus palheiros, todavia o



crescimento de veraneantes fez com que se criassem tipologias habitacionais próprias que evoluíram dos palheiros dos pescadores através do seu melhoramento (Moutinho, 2007). “*Os camponeses do interior que vêm a banhos aos Palheiros da Tocha ou de Mira no verão, encontram para os alojar pequenas casas unifamiliares de madeira ou modestas pensões*” (AAVV, 1988).

A função dos palheiros teve grande influência na sua tipologia, tal como em grande parte da arquitetura vernácula, por essa razão é que se encontram construções em madeira noutros pontos do litoral do país, mas com diferenças evidentes. Por exemplo, as casas de madeira do litoral a norte do Douro (Figura 29) eram bem diferentes dos palheiros dos pescadores, nasciam diretamente do solo, eram muito estreitos e compridos, pegados uns aos outros, sem janelas e só com uma porta (Brito, 1960). Estes barracos, geralmente, destinavam-se à guarda de sargaço e ao abrigo temporário de sargaceiros, que tinham as suas casas de alvenaria em povoações mais distantes, onde se dedicavam à agricultura (Brito, 1960). As tábuas eram dispostas na vertical, apenas encostadas umas às outras, sem grande cuidado de proteção, pois eram raras as vezes que abrigavam pessoas (Brito, 1960).



Figura 29 - Palheiros na Aguçadoura, Póvoa de Varzim (fonte: Oliveira & Galhano (1992))

#### 4.1.4. Diferença entre a casa Gandaresa (vila de Mira) e Palheiros (Praia de Mira)

Apesar de separadas por poucos quilómetros, as povoações de Praia de Mira e Mira adotaram tipos de arquitetura vernácula distintos, Palheiros e casa Gandaresa respetivamente. No litoral de Mira, o ambiente era de água e floresta, logo a madeira seria o material eleito na construção, mais para o interior as habitações eram construídas em adobe e telha canuda, devido à existência de solos adequados na proximidade (Reigota, 2000).

Com base nos estudos de Moutinho (2007), Reigota (2000) e Jesus (2013) foi possível verificar esta diferença através da localização dos Palheiros e das casas Gandaresas (Figura 30). Jesus (2013) estuda uma casa Gandaresa, localizada em Portomar (concelho de Mira), que dista 6,3 km do Museu de Praia de Mira.

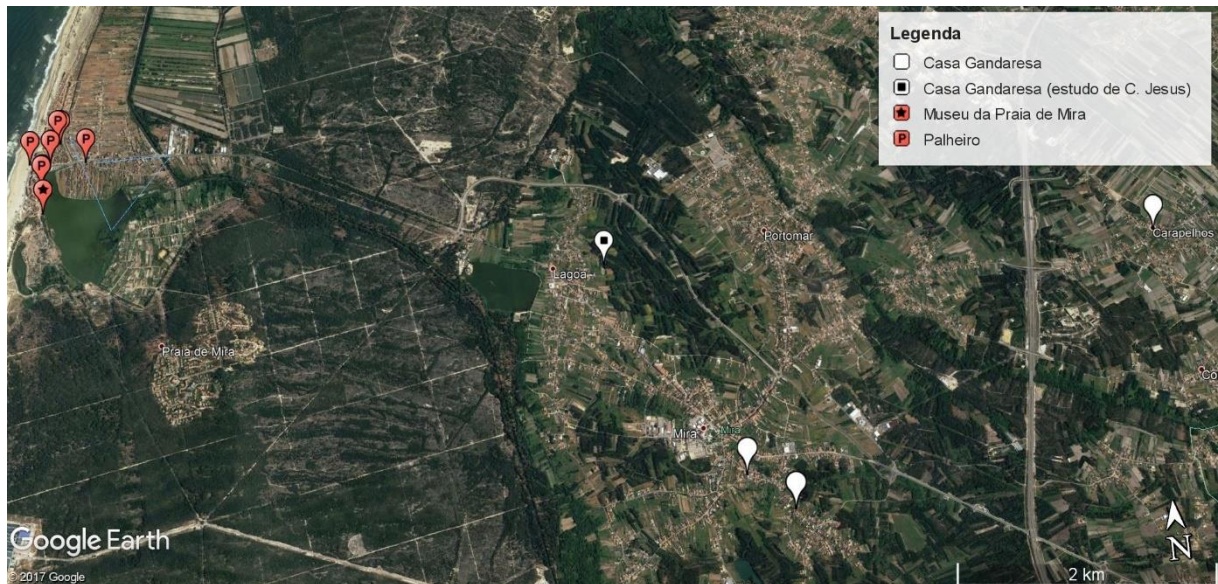


Figura 30 - Localização de Palheiros e casas Gandaresas (fonte: Google Earth (2010))

A casa Gandaresa é um tipo de casa térrea de características mediterrânicas, que em Portugal se disseminou com mais predominância do rio Vouga para sul, na região da Gândara (Figura 31) e por esse motivo se denomina de Gandaresa (Reigota, 2000).

A casa Gandaresa no litoral é, pelas condicionantes, efémera, pois é feita de adobes, materiais perecíveis que sofrem uma degradação breve pelos ventos e pela humidade (Reigota, 2000). Trata-se de uma casa térrea com características mediterrânicas (Jesus, 2013), e por aproximação a essas características construída com materiais leves, que existiam no próprio local de construção ou muito próximo (Reigota, 2000).

Os adobes, blocos fabricados, inicialmente de areia, barro, lama e palha, e mais tarde de areia e cal e por isso um pouco mais consistentes, secos ao sol e que serviam para a construção de alicerces, paredes, muros e poços (Reigota, 2000). Estes adobes eram produzidos no próprio

local de construção, ou muito próximo, em tarefas coletivas, realizadas no verão, para que os adobes secassem devidamente ao sol (Jesus, 2013).

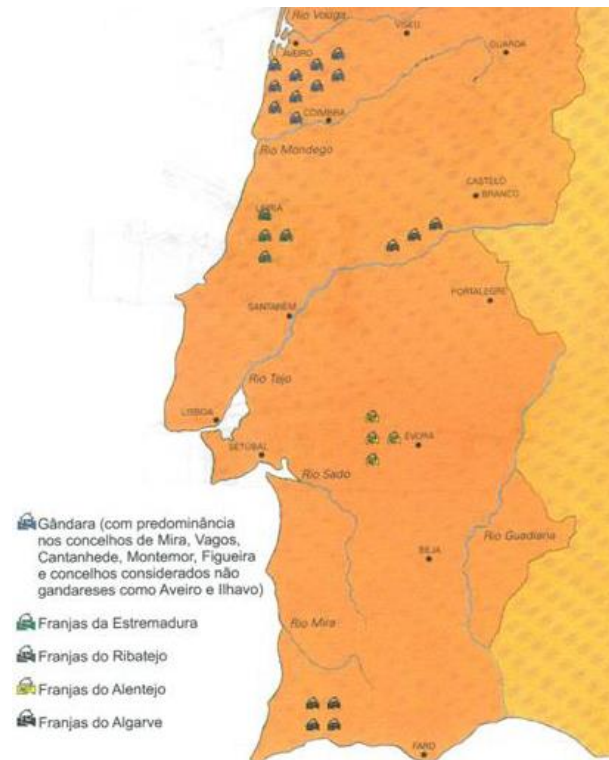


Figura 31 - Distribuição da casa Gandaresa (fonte: Jesus (2013))

A madeira de pinho local também era utilizada na construção da casa Gandaresa, servia para estruturar telhados, forrar tetos e fazer todos os soalhos da casa, portas e janelas (Jesus, 2013). O Gandarês aproveitava os recursos e os materiais que a natureza e o local ofereciam, com um engenho e sabedoria, evitando despesas com deslocações e transportes (Reigota, 2000). Apenas a telha, inicialmente a canuda de fabrico artesanal e posteriormente a telha Marselha de fabrico industrial, a cal e a pedra calcária para as cantarias provinham de Cantanhede (Jesus, 2013).

À semelhança do que acontecia em Praia de Mira com os Palheiros, a casa Gandaresa no interior adaptava-se à atividade praticada pelos proprietários. A forma e tipologia das habitações moldaram-se em função da importância capital da agricultura nesta região (Jesus, 2013). Devido a diferentes particularidades locais é frequente estabelecer-se dois tipos de casa Gandaresa, a casa da Tocha e a casa de Mira (Figura 32), pois são estes locais que são

considerados os seus centros de difusão e onde este tipo de casas ocorrem com mais frequência (Reigota, 2000). Em Mira a casa Gandaresa é mais urbana (Reigota, 2000).

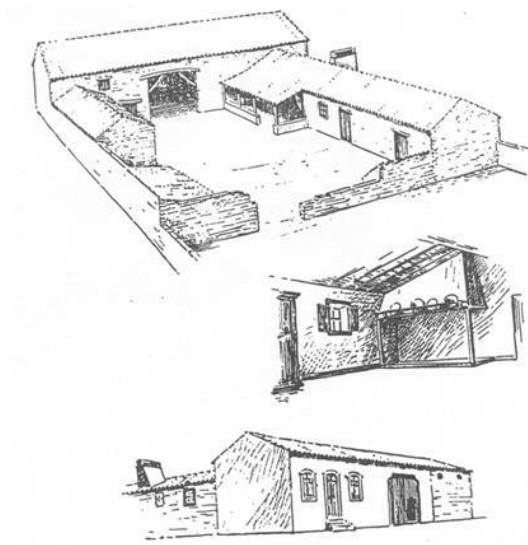


Figura 32 - Desenho tipo de uma casa gandaresa na região de mira (fonte: Reigota (2000))

A habitação do estudo de Jesus (2013) (Figura 33) trata-se de uma casa tipicamente Gandaresa, construção de rés-do-chão em que o material utilizado é o adobe, o chão e tetos em madeira de pinho (Jesus, 2013).



Figura 33 - Casa Gandaresa de Portomar (fonte: Jesus (2013))

O adobe e a taipa apresentam uma deficiente resistência à ação dos agentes atmosféricos no nosso clima, porque se desagregam com facilidade em presença da chuva ou da humidade

ascendente (Mendonça, 2005), por esta razão a casa gandaresa não resistia aos elementos que os palheiros eram capazes de resistir. Esta ténue separação entre a casa gandaresa e os palheiros demonstram a relação das construções com o meio que se inserem, apesar de separadas por escassos quilómetros, demarcam-se tipologias totalmente diferentes.

Na mesma região, o tipo de solução adotado no litoral era completamente diferente do interior, apesar de a localização ser relativamente próxima, a disponibilidade de materiais de construção diferentes e as próprias condições do terreno de implantação, propiciaram a disseminação de diferentes tipos de construção vernácula.

## **4.2. Principais estratégias vernáculas dos Palheiros de Mira**

Os sistemas de construção tradicionais definem-se, normalmente, em função dos materiais regionais que, por razões práticas e económicas, eram os adotados para a execução das construções locais (Moutinho, 2007). De um modo geral, onde há pedra constrói-se em pedra, e onde ela falta, constrói-se em terra, adobo ou tijolo, ou em madeira e outros materiais vegetais (Oliveira et al. 1969 citado em Moutinho 2007).

Os palheiros de Mira revelaram-se uma técnica excelente e eficaz de construção na praia (Reigota, 2000) e, como defendeu Orlando Ribeiro, foram “*o apogeu de uma arte de construir em madeira na beira-mar*” (Reigota, 2000).

A construção vernácula portuguesa, com exceção dos palheiros, era uma construção pesada. A envolvente das primeiras construções documentadas no território nacional no século XX, caracterizava-se por ser construída em pedra e conseqüentemente extremamente pesada, em zonas onde a pedra não estava disponível eram utilizados tijolo ou adobe (Mendonça, 2005). A construção tradicional leve implica sempre uma utilização integral da madeira na construção de um edifício.

A leveza da madeira permitia as construções estarem elevadas acima do solo sobre estacas de madeira, de forma a evitar a acumulação da areia arrastada pelo vento junto às empenas do

edifício, mas também, se fosse necessário erguer ou mover o edifício quando este começasse a ficar enterrado, “*eleva-se a casa à força de macacos, puxam-se as estacas ou acrescentam-se os pilares e ela ergue-se mais alta*” (AAVV, 1988).

A envolvente das primeiras construções documentadas no território nacional no século XX, caracterizava-se por ser construída em pedra e conseqüentemente extremamente pesada, em zonas onde a pedra não estava disponível eram utilizados tijolo ou adobe (Mendonça, 2005). A construção tradicional leve implica sempre uma construção inteiramente em madeira.

#### 4.2.1. Descrição da tipologia dos palheiros

Nas povoações de Vieira de Leiria, Palheiros da Tocha e Palheiros de Mira, as habitações (palheiros) são idênticas, de forma retangular, sobre estacas para que as areias e as águas das marés vivas circulem livremente, o acesso efetuava-se através de umas escadas em madeira, que davam normalmente para um patamar, onde se abria a porta (Brito, 1960).

Na classificação dos etnólogos Oliveira e Galhano na obra “Palheiros do Litoral Central Português”, já referida anteriormente, importa salientar, para este estudo, o “Tipo de Mira” (Figura 34), situado entre a Costa Nova e Leirosa. Verificou-se que estas construções se distinguem pelo facto de a sua estrutura de prumos se erguer sobre um caixilho ou grade de linhas, por sua vez assente numa densa malha de estacas inseridas no solo (Moutinho, 2007).

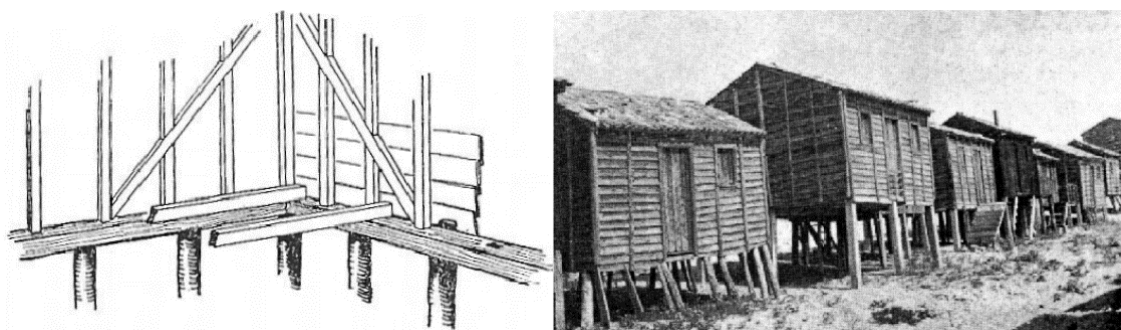


Figura 34 - Palheiros Tipo Mira, sistema de estacaria independente (fonte: Moutinho (2007))

No tipo Mira o distanciamento das estacas é superior ao dos prumos, e estas podiam ser facilmente substituídas quando apodreciam ou quando era necessária a elevação do palheiro devido ao movimento das dunas (Moutinho, 2007). As estacas que alicerçavam o palheiro

podiam estar ocultadas pelo movimento das areias (Costa Nova), à vista e de reduzida altura (Costa Nova, Mira), ou até possuírem a altura de um piso (Tocha, Quiaios, Costa de Lavos) (Moutinho, 2007).

Em relação à componente estrutural dos Palheiros, as fundações podem ser divididas em três grandes grupos: fundações impermeáveis que correspondem a uma época construtiva mais primitiva; as permeáveis (Figura 35) que são características dos palheiros em quase toda a sua época construtiva, em que estes são elevados do solo permitindo que o vento e a água circulem livremente por baixo destes; e as pós-permeáveis, onde a base da fundação é tapada com ripas de madeira, permitindo aos pescadores a obtenção de uma zona de armazenagem (Portela, Ferreira and Velosa, 2017).

Atualmente, a fundação permeável é praticamente inexistente, salvo raras exceções. A fundação permeável evoluiu para uma variante do pós-permeável (Figura 36) que resultava do encerramento da base do palheiro com tabuado, ou ser construído de raiz como um piso térreo habitável.

Comum em Praia de Mira e Palheiros da Tocha, o tipo de sobrado utilizado (Figura 37) pode assentar sobre pilares ou blocos de betão, em vez de estacas de madeira (Moutinho, 2007). Distingue-se de outros tipos de sobrados pela existência de uma viga perimetral e pela menor secção das vigas, que variam entre 9 e 11 cm de largura por 10 a 15 cm de altura. Esta situação justifica um maior número de vigas longitudinais, espaçadas no máximo 1.5 m, assim com um maior número de estacas (Moutinho, 2007).

As vigas do soalho (secundárias) são todas dispostas com a mesma orientação, perpendicularmente à viga principal e têm um espaçamento entre 50 a 60 cm (Moutinho, 2007). As tábuas de soalho que compõem o pavimento (Figura 38) são assentes diretamente sobre o vigamento do sobrado, espaçadas entre 40 a 60 cm (Moutinho, 2007).

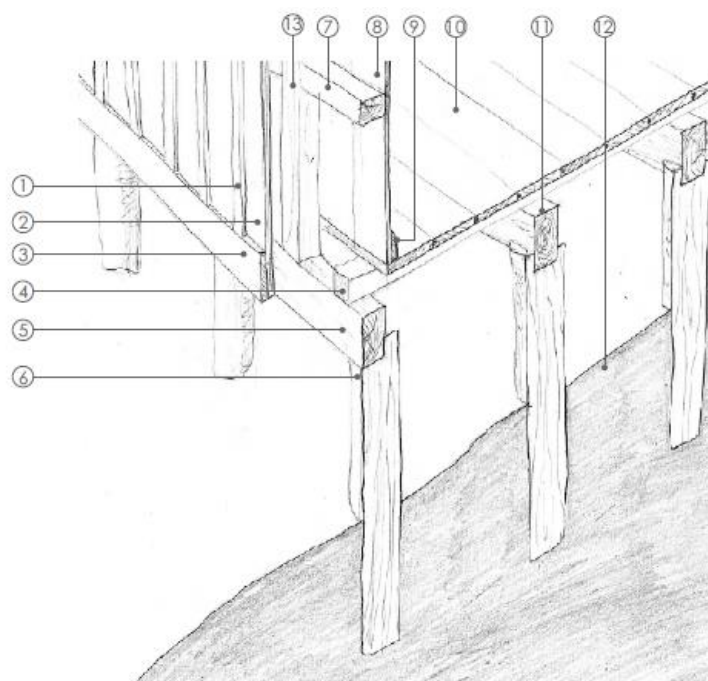


Figura 35 - Fundação permeável sobre estacas. Desenho realizado a partir dos registos de E. Veiga de Oliveira e F. Galhano. (fonte: Moutinho (2007))

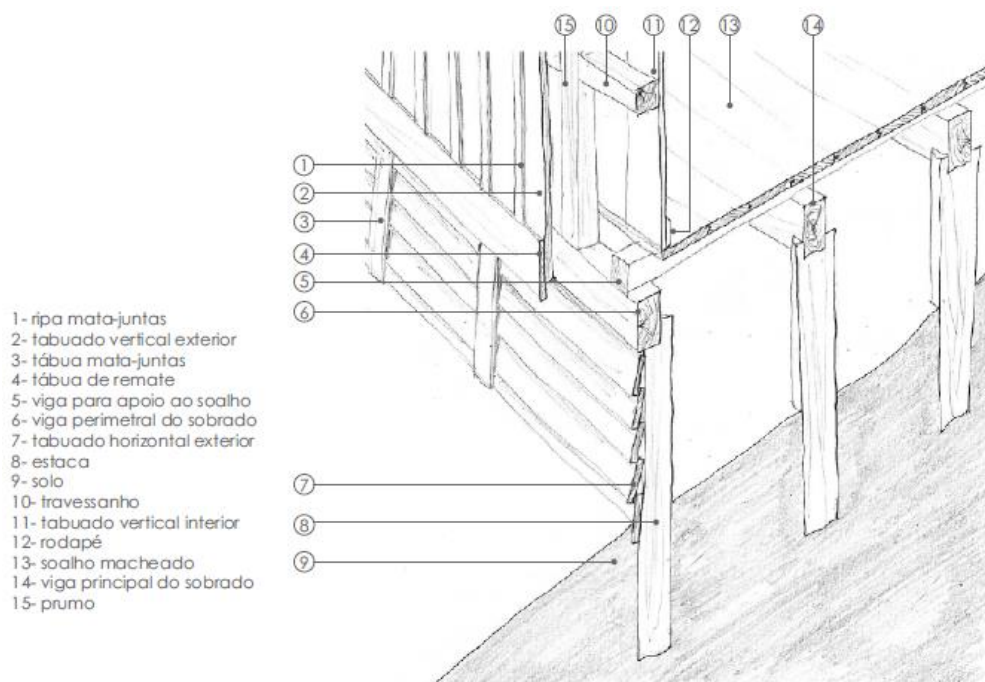


Figura 36 - Pormenor tipo de fundação pós-permeável com a mesma fundação do permeável tipo 4 (fonte: Moutinho (2007))



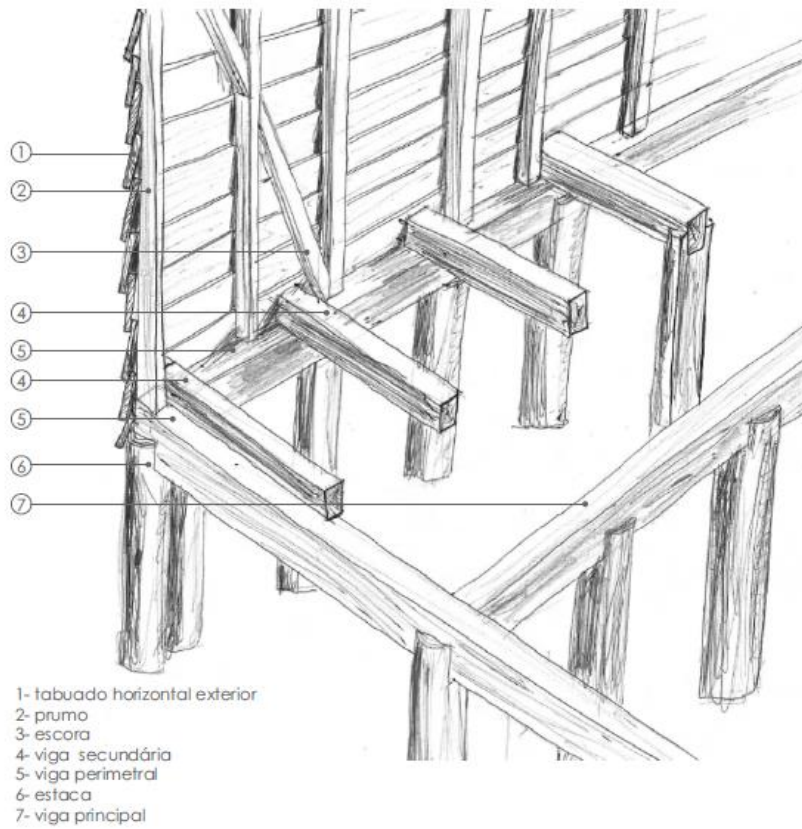


Figura 37 - Pormenor tipo do sobrado (fonte: Moutinho (2007))

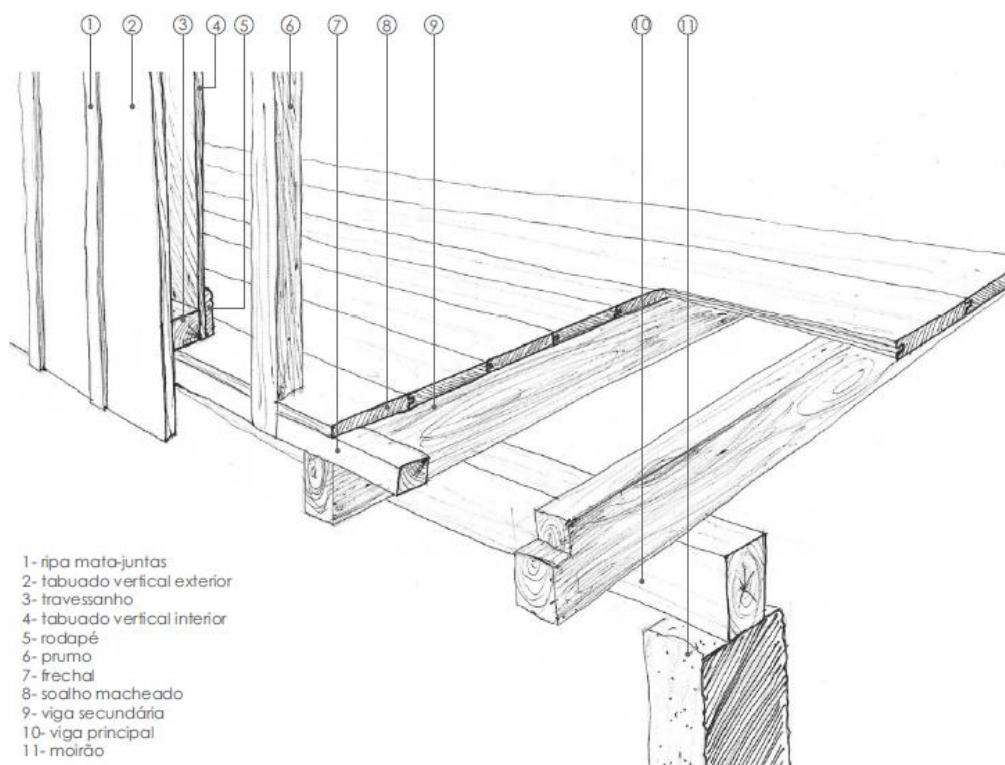


Figura 38 - Pormenor tipo do pavimento (fonte: Moutinho (2007))

As fachadas (Figura 39) eram construídas com barrotes verticais, contraventadas com elementos diagonais de canto inferior a canto superior e revestidas com pranchas de madeira, pregadas pelo interior e exterior, e sobre os barrotes assentavam as vigas (Silva, Mendonça and Branco, 2011).

A estrutura tipo das paredes exteriores distingue-se de outros tipos de paredes exteriores pela aplicação de escoras nos extremos das paredes e a distância entre prumos varia entre 50 e 70 cm (Moutinho, 2007). As fachadas eram constituídas por tabuados pintados e janelas e portas, fixas ou de correr, com pintura exterior (Silva, Mendonça and Branco, 2011).

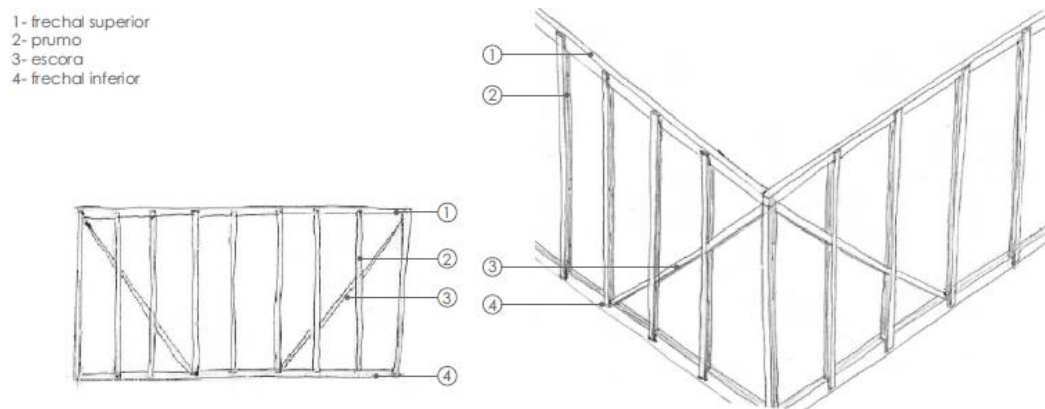


Figura 39 - Estrutura tipo das paredes exteriores (fonte: Moutinho (2007))

As paredes eram executadas com elementos dispostos na horizontal ou na vertical. Regra geral, as pranchas que formam as paredes eram dispostas na horizontal, sobrepondo-se umas sobre as outras para garantir melhor proteção ao vento, chuva e areias (Brito, 1960). Na disposição horizontal as os encontros das tábuas são rematados com elementos verticais, quando as paredes são executadas com elementos dispostos na vertical, as tábuas unem-se por meio de mata-juntas (AAVV, 1988). O revestimento exterior (Figura 40) caracterizado pelo tabuado horizontal e sobreposto em forma de tábua trincada, pressupõe uma estrutura de parede que pode dispensar a existência de travessanhos (Moutinho, 2007).

O revestimento interior das paredes exteriores (Figura 41) é composto por um tabuado vertical pregado aos frechais e travessanhos, consiste, normalmente, em tábuas macheadas de 1.3 cm de espessura (Moutinho, 2007).

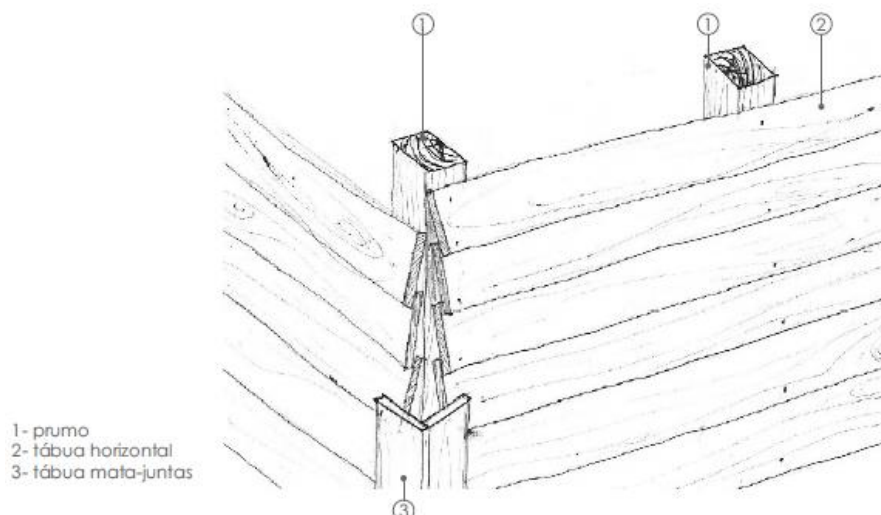


Figura 40 - Pormenor tipo do revestimento exterior. Fonte: Moutinho (2007)

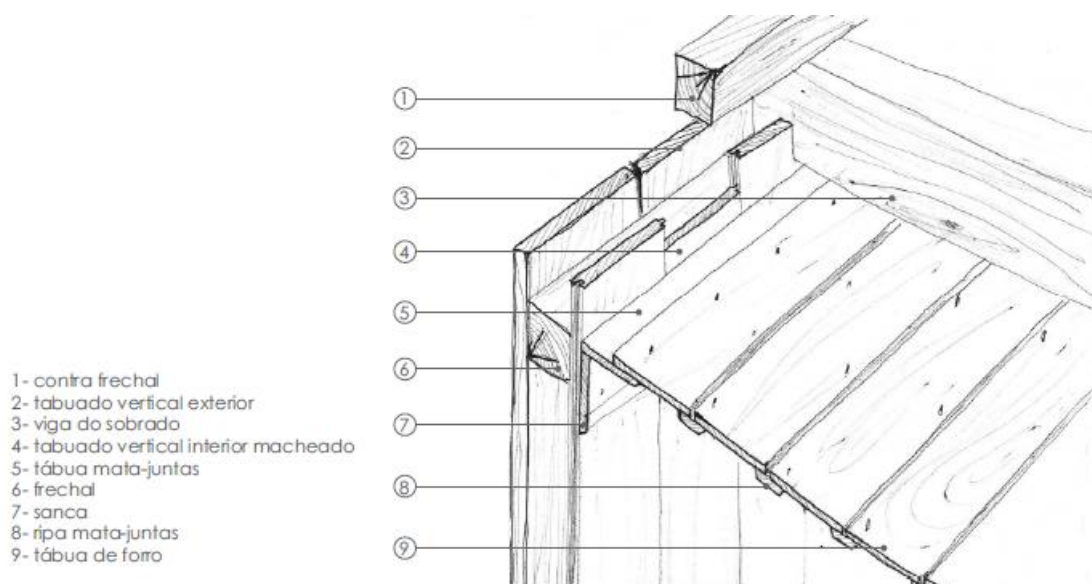


Figura 41 - Pormenor tipo do revestimento interior das paredes exteriores (fonte: Moutinho (2007))

A cobertura era composta por asnas de madeiras (Figura 42), com pendentes consoante o clima da região, que se apoiavam diretamente sobre o topo dos barrotes, e normalmente, era revestida a estorno, a palha, colmo e só mais tarde com telha canudo (Silva, Mendonça and Branco, 2011). Este tipo de palheiro não pressupunha a utilização do sótão como espaço habitável (Moutinho, 2007). Atualmente o revestimento da cobertura pode apresentar-se com diferentes tipos de telha: telha de canudo (Figura 43), Marselha e até placas de fibrocimento (Portela, Ferreira and Velosa, 2017). Existem vários tipos de beiral encontrados, mas o mais uniforme

em todo o território é aquele que remata as vigas desalinhadas da parede pelo exterior (Figura 44). Os remates de beirais de empina são mais uniformes, variando apenas no tipo de material utilizado no remate, podendo ser totalmente em madeira, através de um rufo ou com uma telha de canal (Figura 45).

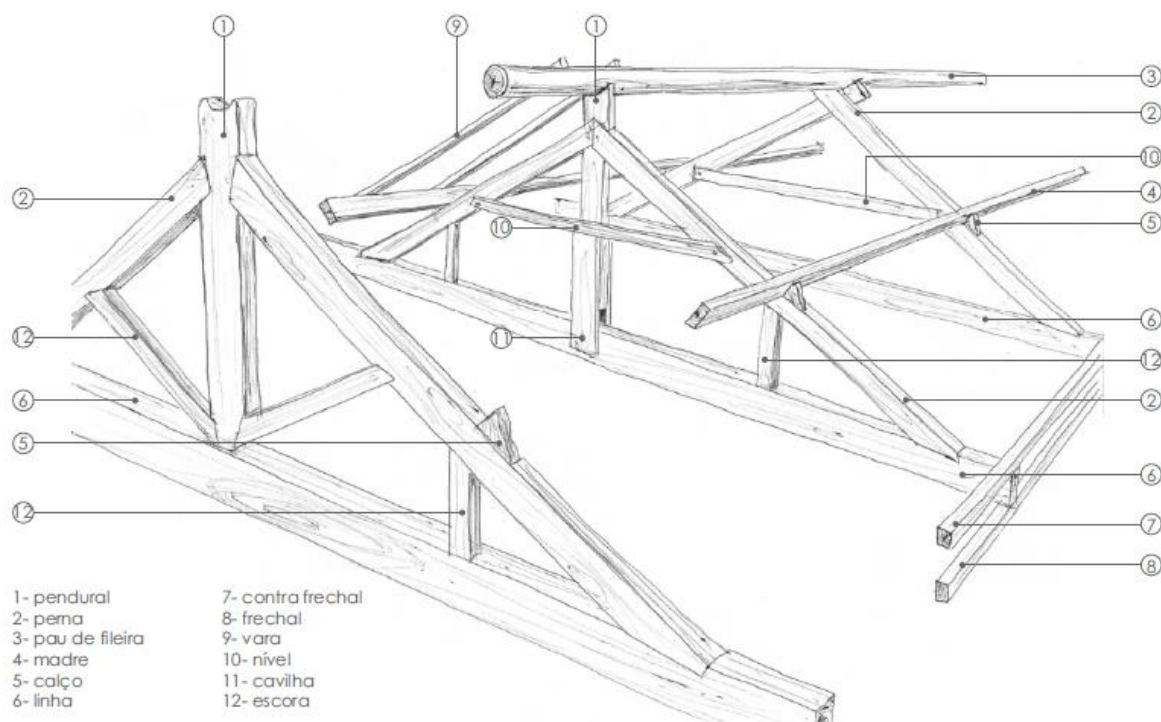


Figura 42 - - Pormenor tipo da estrutura da cobertura (fonte: Moutinho (2007))

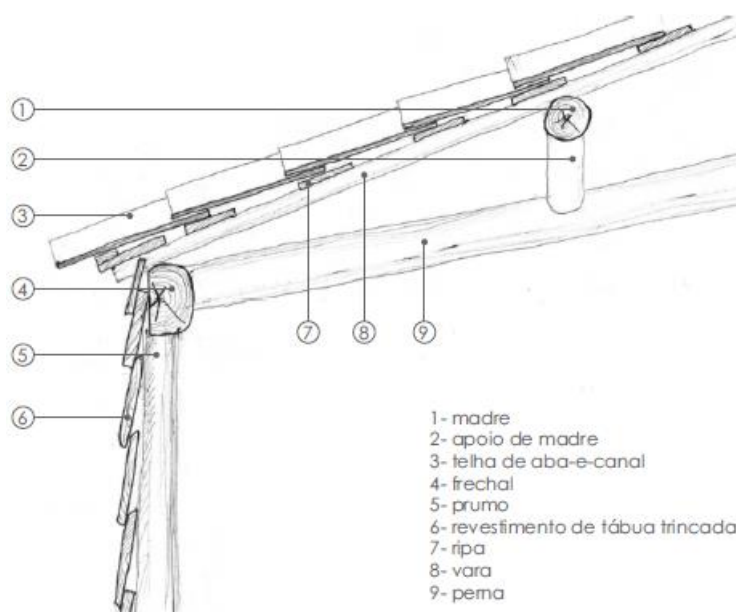


Figura 43 - Pormenor tipo de uma cobertura revestida com telha vã (fonte: Moutinho (2007))

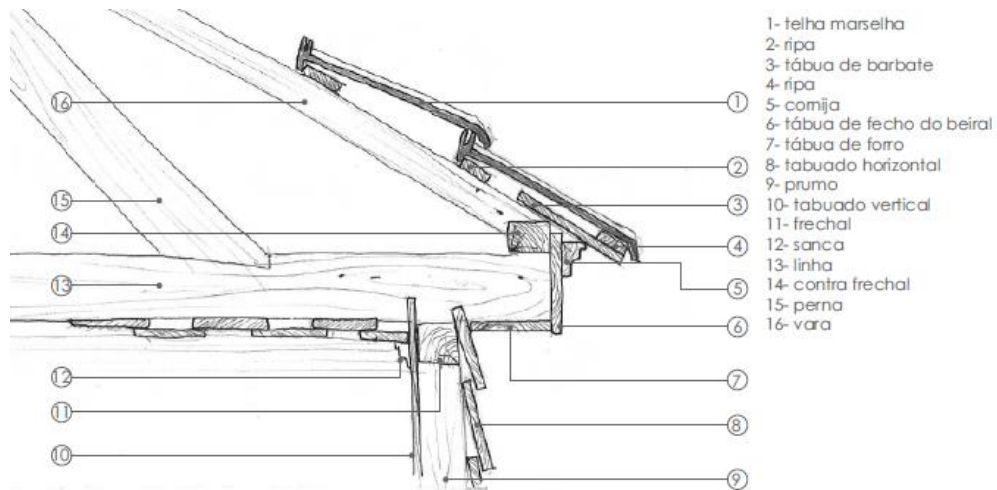


Figura 44 - Pormenor tipo do beiral (fonte: Moutinho (2007))

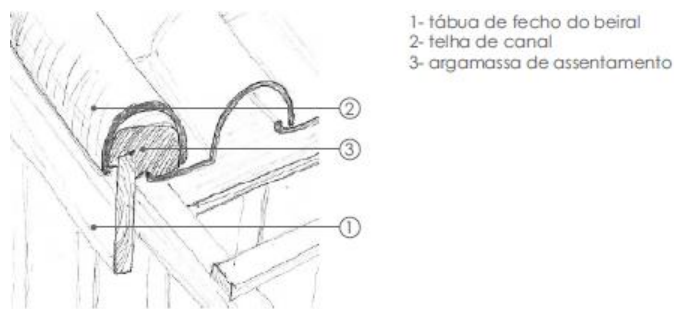


Figura 45 - Pormenor tipo de um remate de beiral de empena (fonte: Moutinho (2007))

Os palheiros de Mira dividiam-se entre três e seis compartimentos (Figura 46), com disposição comum, corredor de fachada a fachada, salas na fachada principal, cozinha na extremidade oposta e os quartos no miolo da habitação (Silva, Mendonça and Branco, 2011).

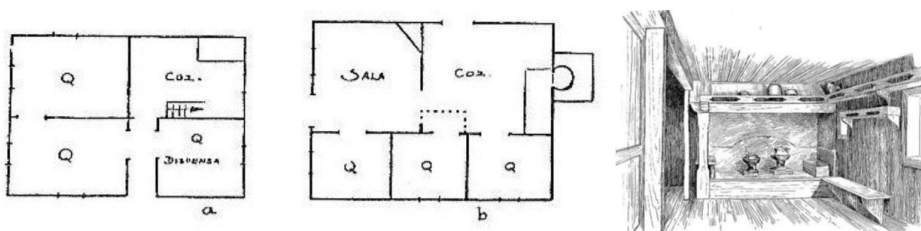


Figura 46 - Plantas e vista de cozinha de casa abastada, Palheiros de Mira (fonte: Oliveira & Galhano (1964))

As paredes interiores (Figura 47) consistiam num tabuado vertical com 1.3 cm de espessura, fixo ao rodapé e ao vigamento do sobrado; nas ombreiras e nos encontros entre paredes interiores são utilizadas tábuas com espessuras de 3 cm para conferirem maior resistência; as travessas que reforçam as paredes a 1m e a 2m de altura fixam-se nos prumos das paredes exteriores e nas referidas tábuas de reforço de 3 cm (Moutinho, 2007).

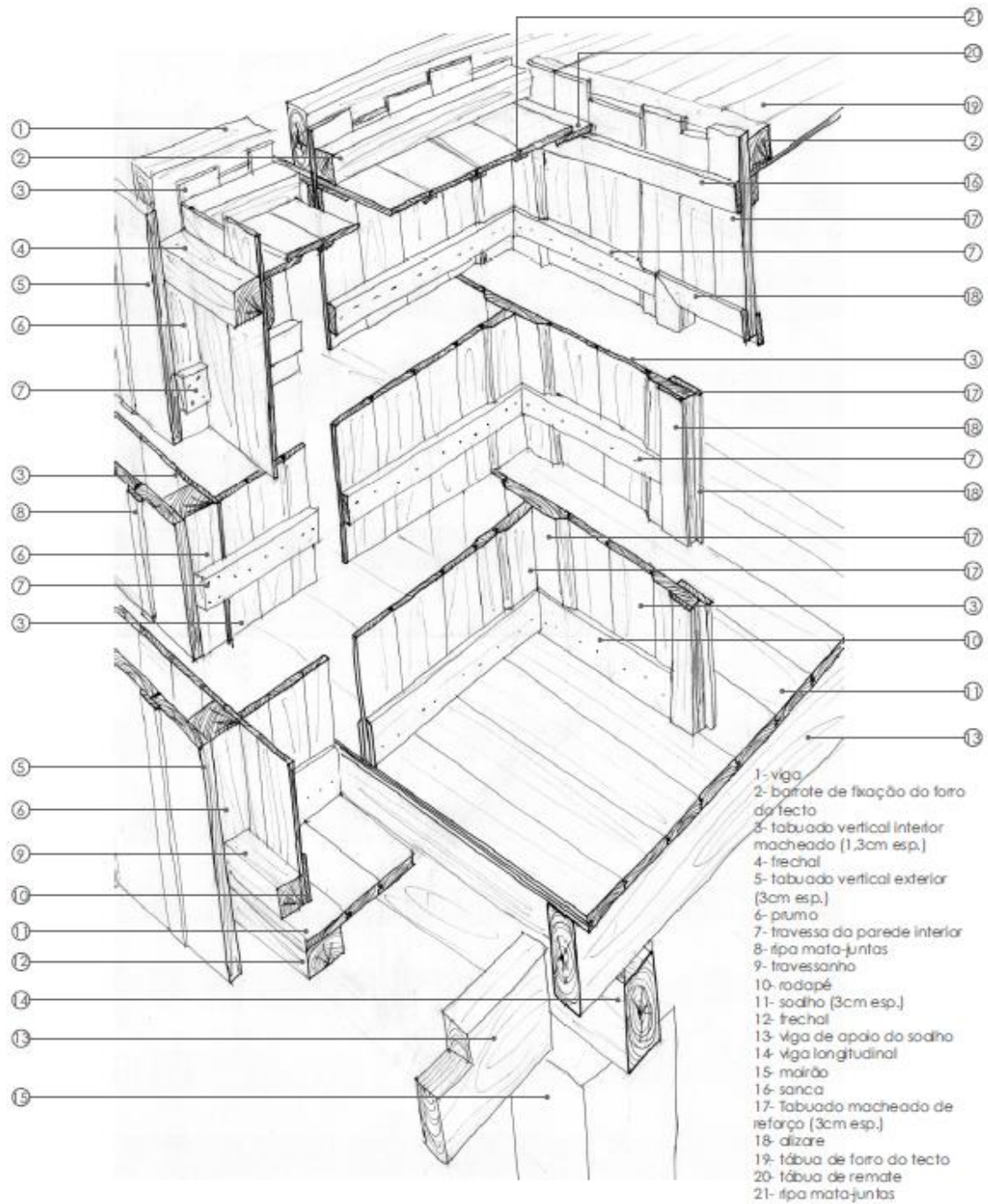


Figura 47 - Pormenor tipo da parede interior (fonte: Moutinho (2007))

Os palheiros possuem uma altura desde a estacaria que varia entre 3 e 5 metros, a frente mede entre 6 a 12 metros e a profundidade uma varia entre 4 e 9 metros (Silva, Mendonça and Branco, 2011). Por se tratar de uma tipologia de construção que geralmente estava afastada do solo, o acesso aos palheiros era feito através de escadas. O tipo de escada que caracterizou a maioria dos palheiros existentes (Figura 48) era concebido totalmente em madeira e podia ser facilmente removido do palheiro, caso fosse necessário movimenta-lo. Mais tarde, as escadas começaram a ser fabricadas em alvenaria ou betão (Moutinho, 2007).

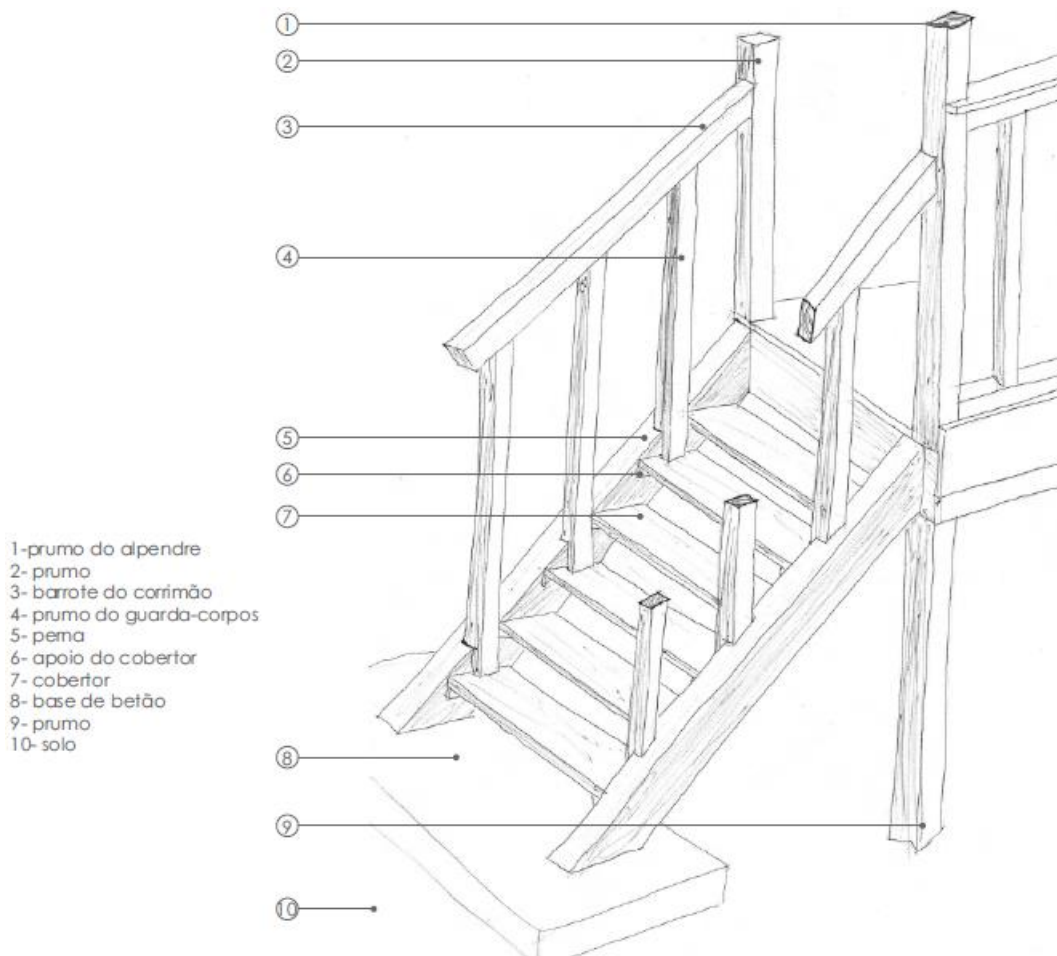


Figura 48 - Pormenor tipo da escada exterior (fonte: Moutinho (2007))

As escadas interiores eram necessárias quando o palheiro tinha mais do que um piso, podiam ser rudimentares e muito inclinadas no início, mas evoluíram com os tempos e necessidades. As escadas que constituíam um acesso independente ao piso superior (Figura 49) eram comuns em palheiros de aluguer a banhistas; o patamar inferior era normalmente servido por duas portas, uma de ligação ao interior do piso térreo e outra de acesso ao exterior; os espaços

residuais sob e sobre as escadas, eram geralmente aproveitados para colocar as instalações sanitárias ou arrumos (Moutinho, 2007).

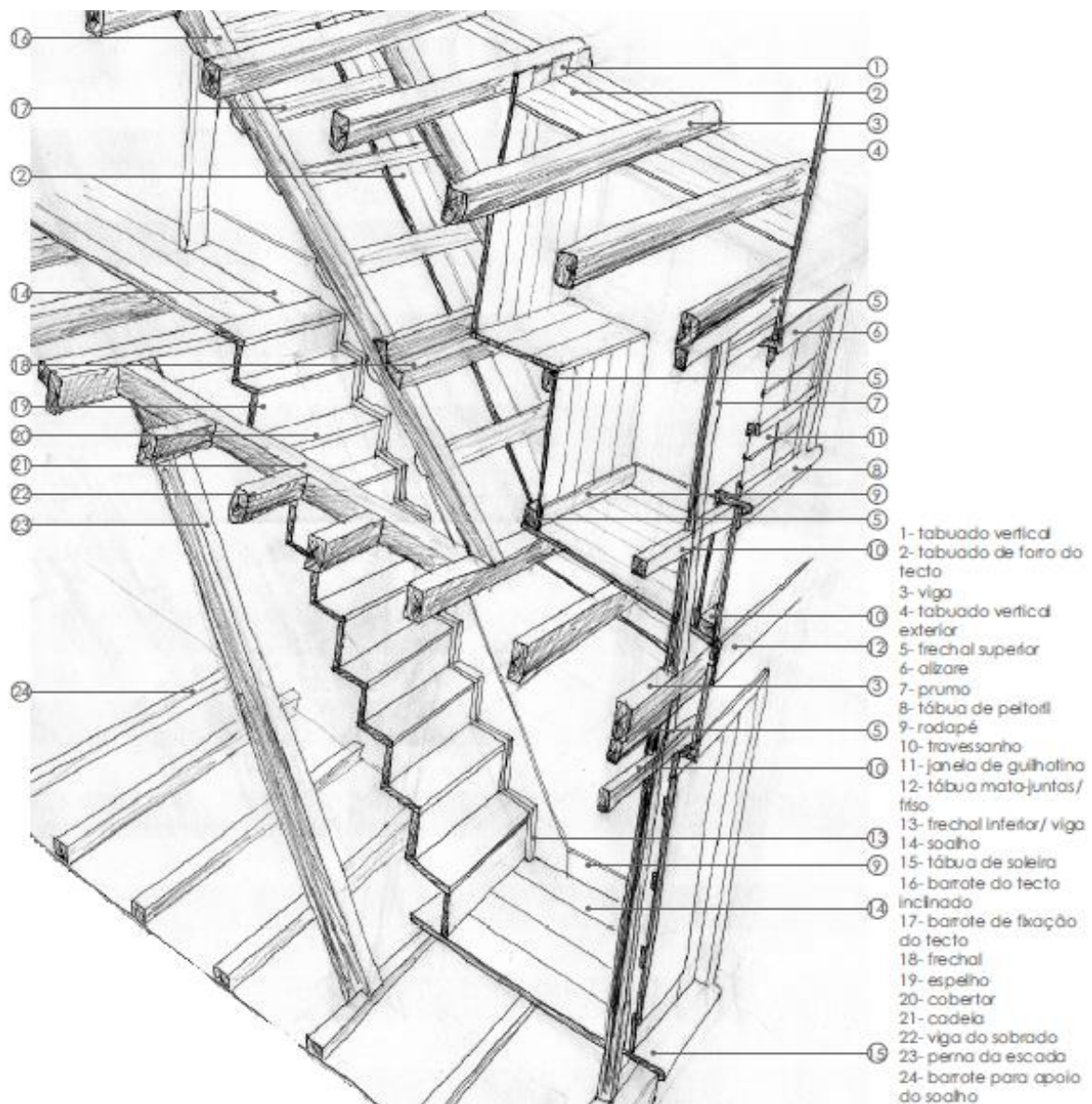


Figura 49 - Pormenor tipo da escada interior (fonte: Moutinho (2007))

As portas exteriores caracterizavam-se pela construção simples em madeira e podiam ser de 1 ou 2 folhas. A caixilharia das janelas também era de construção em madeira, e estas podiam ser de batente, de guilhotina (Figura 50), ou de sacada. As janelas de guilhotina por ser um tipo de caixilho que usa poucas ferragens, que eram caras, é o tipo de janela mais comum nos palheiros.



As portadas também eram de construção em madeira, com a possibilidade de serem em uma ou duas folhas, o edifício do caso de estudo não possui portadas.

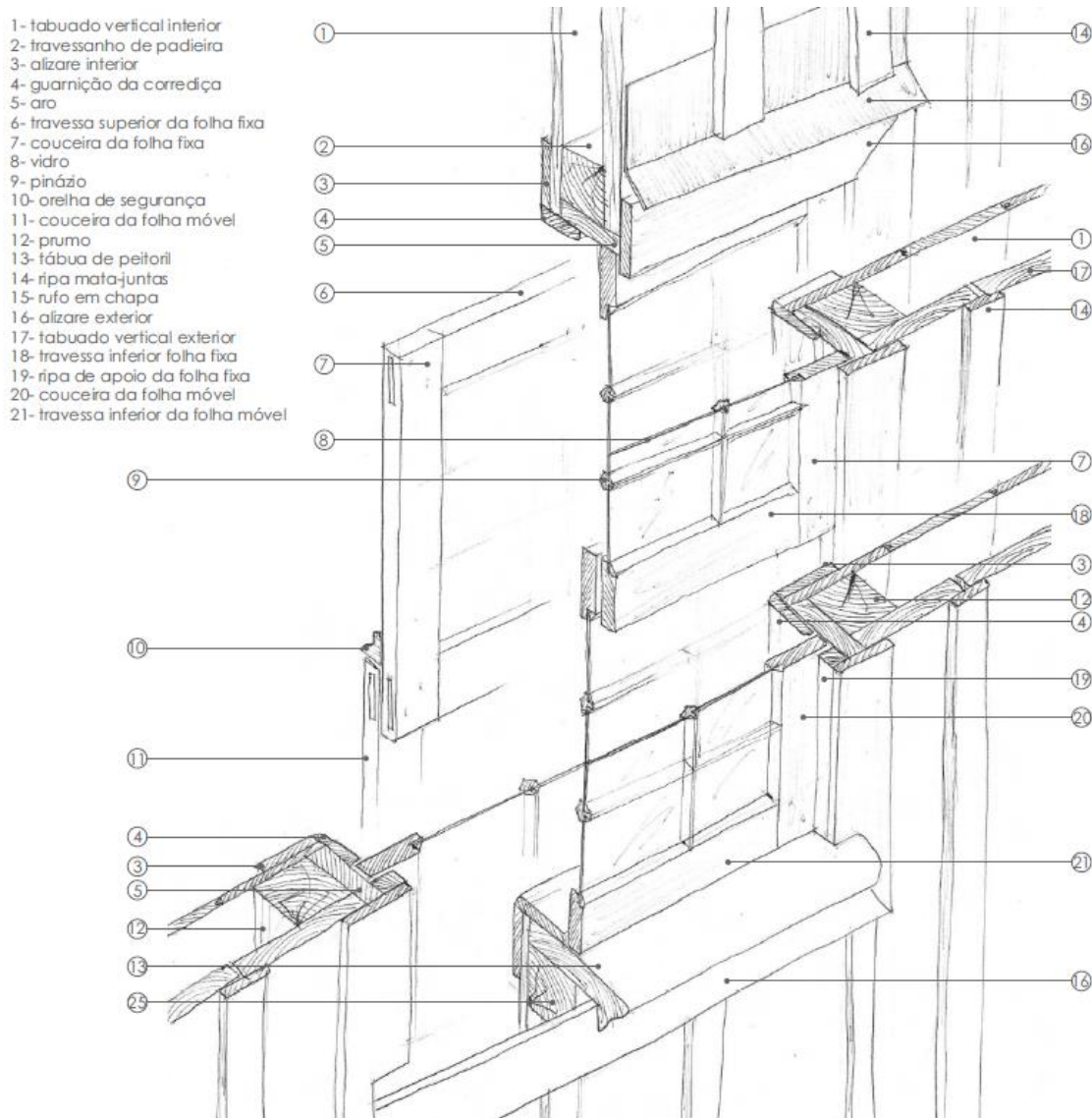


Figura 50 - Pormenor tipo da janela de guilhotina (fonte: Moutinho (2007))

#### 4.2.2. Materiais

##### i) Madeira

Os palheiros são edifícios que, ao longo do tempo, foram conhecendo materiais de natureza distinta na sua conceção, os mais efémeros foram desaparecendo e os mais duradouros foram resistindo ao longo do tempo, no entanto, qualquer que seja a época de construção, a madeira é o único que subsiste em todas as construções, desde as fundações e estrutura aos elementos de

revestimento (Moutinho, 2007). A utilização da madeira nas construções torna-se previsível porque desde tempos remotos ela existe na região Gandaresa (Reigota, 2000). Num contexto histórico em que apenas dispunha de materiais naturais para a construção, a madeira sempre se distinguiu da pedra e da terra, os seus concorrentes de sempre, pela sua versatilidade e facilidade de transporte (Moutinho, 2007).

A construção de madeira adequa-se às condições naturais da região pois funciona de maneira correta em relação ao chão arenoso e à humidade que o ar do mar acarreta (AAVV, 1988). Contudo por se tratar de um material orgânico, para além de ser suscetível à combustão, a durabilidade é influenciada pelos agentes atmosféricos e pela ação de insetos e fungos (Moutinho, 2007).

#### ii) Materiais Vegetais

Os materiais vegetais, como o colmo, terão sido usados, desde sempre, em revestimentos de paredes e coberturas, quando a madeira não era localmente abundante, mas este material terá sido eliminado das construções do litoral central no início do século passado (Moutinho, 2007). Apesar da importância mais reduzida destes materiais foi deles que derivou a denominação de palheiros. À semelhança da técnica aplicada nos barcos, era comum taparem-se as fendas e imperfeições entre as tábuas de revestimento com estopa embebida em óleo de linhaça, para se evitarem correntes de ar e melhorar o conforto térmico (Moutinho, 2007).

#### iii) Materiais Cerâmicos

Após uma sucessão de incêndios, substituiu-se o colmo que revestia as coberturas pela telha de canudo no início do século XIX, e pela telha Marselha no final do mesmo século (Moutinho, 2007). Atualmente, a maioria dos palheiros encontrados, a cobertura é constituída por telha Marselha.

#### iv) Metais

A utilização deste material nos palheiros apresenta-se sempre sob forma de ferragens ou, posteriormente nos revestimentos de paredes exteriores e coberturas sob forma de chapa de

ferro zincada de perfil ondulado (Moutinho, 2007). Inicialmente os pregos eram os mais utilizados como elemento de ligação entre as peças de madeira. A partir do século XIX generalizou-se o uso de ferragens aparafusadas, estribos e cavilhas, não só para reforçar uniões entre peças, mas também para o funcionamento das caixilharias (Moutinho, 2007).

#### v) Vidro

Nos primeiros palheiros o vidro não terá sido utilizado uma vez estes apenas tinham uma porta de acesso ou no máximo uma pequena portada ou duas, para ventilação, mas terá aparecido mais tarde quando estas construções evoluíram para uma ocupação permanente, exigindo mais luminosidade e maior conforto (Moutinho, 2007).

#### vi) Tintas

As tintas aplicadas nos palheiros, seriam usadas primeiro com o objetivo de conservar a madeira e posteriormente por razões estéticas. A técnica mais primitiva passaria apenas pela utilização de óleo de linhaça ou sil, aos quais eram adicionados pigmentos, como óxido de ferro ou pó de pedra (Moutinho, 2007). Nos vãos eram aplicadas as sobras das tintas de cores garridas utilizadas na pintura dos barcos (AAVV, 1988). Alguns dos antigos palheiros de Praia de Mira ostentavam cores fortes *bordeaux*, uma forma de identificar os proprietários ricos da aldeia (Serrano, 2014).

#### vii) Betume asfáltico

Para evitar ou retardar a degradação das estacas de madeira dos palheiros, estas eram por vezes revestidas com betume asfáltico, sob a designação de piche, devido ao contacto com a humidade do solo (Brito, 1960).

### **4.3. Caraterização da região de Praia de Mira**

Praia de Mira é uma freguesia com 3147 habitantes (2011) e 39.82 km<sup>2</sup> situada no litoral centro, no distrito de Coimbra e concelho de Mira (Figura 51). Localizada na Sub-região Baixo Mondego, antiga província Beira Litoral, uma região caraterizada por dois grandes contrastes, por um lado o Oceano Atlântico, regulador da temperatura, cujos ventos trazem a chuva; por outro a influência mediterrânea, a secura que os desertos sopram e o Mediterrâneo não consegue

temperar (AAVV, 1988). A região é caracterizada por um clima mediterrâneo com influência atlântica do tipo Csb, clima temperado com verão seco e temperado, de acordo com a classificação climática de Köppen (IM and AEMET, 2011). Nos climas tipo C a temperatura média do mês mais frio está compreendida entre 0 e 18°C, no subtipo Cs observa-se um período marcadamente seco no verão, e a letra b corresponde a um clima temperado (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22°C, e com quatro meses ou mais com temperatura média superior a 10°C) (IM and AEMET, 2011).

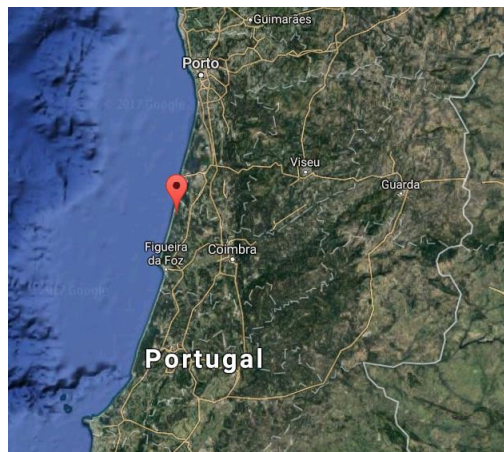


Figura 51 - Localização de Praia de Mira

O território e as suas características influenciam de forma determinante a vida do homem, não se limitando a influenciar a forma como o mesmo vive, mas afetando inclusive a forma como este se comporta. A Praia de Mira insere-se num território denominado por Gândara (Figura 52), esta palavra na língua portuguesa significa terreno despovoado e coberto de plantas agrestes e aponta para a existência de terrenos arenosos e mais ou menos estéreis.

O território da Gândara é um espaço caracterizado pela planura e pelos seus solos arenosos, e que como já foi referido, a sua altitude oscila entre os 25\30m da plataforma de Mira e os 100 metros da plataforma de Cantanhede e Arazede, de forma pouco acidentada e declive suave (Tomé, 2015).

Esta planura é perturbada a oriente pelos vales e subafluentes do Mondego e mais a norte pelo rio Vouga e os seus afluentes. A barrinha de Praia de Mira é resultado da “independência” do

território gandarês em relação ao Haff-delta de Aveiro, representando esta assim ainda uma “presença” do Vouga numa Gândara que é limitada a nordeste pelo início do concelho de Vagos (Tomé, 2015). Além da sua característica “planura arenosa”, existe outro fator que salta à vista: a alternância entre espaços de cultivo e de pinhal, cuja distribuição não é aleatória. A larga faixa de pinhal existente entre Mira\Praia de Mira e Quiaios, nas chamadas dunas de pinhal, foi plantada com o intuito de travar os avanços da duna, que devido à força do vento, invadia frequentemente os terrenos de cultivo situados mais para o interior (Tomé, 2015).

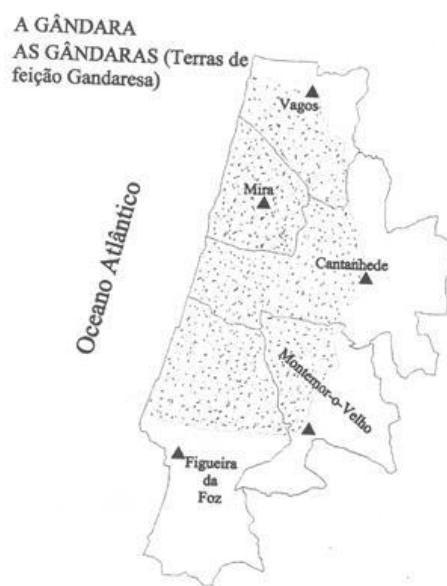


Figura 52 - Região da Gândara (fonte: Reigota, (2000))

Algo que naturalmente salta à vista na paisagem gandarésa é a vegetação do território. O pinheiro bravo tem grande representatividade nesta zona, mas outro elemento tem vindo a adquirir cada vez mais importância. O eucalipto, motivado pelo seu rápido crescimento e potencial aproveitamento económico, porém, a presença do eucalipto na Gândara é mais notória em áreas de crescimento e abate de árvores localizadas mais a este, isto porque na floresta de dunas, seja em Mira, Tocha, Quiaios, entre outras, a espécie mais adaptada é o pinheiro bravo.

## 5. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

### 5.1. Caracterização geral do edifício

O Museu Etnográfico e Posto de Turismo de Praia de Mira (Figura 53), inaugurado a 5 de outubro de 1997, é um edifício, de construção palafítica, foi maioritariamente construído em madeira, um tipo de construção que caracterizou a localidade até aos anos 60, que então se designava por Palheiros de Mira (CMM, 2017b).



Figura 53 - Museu Etnográfico e Posto de Turismo de Praia de Mira

O edifício tem dois pisos com 2,65 m de pé direito. No piso 0 encontram-se localizados o Posto de Turismo e várias salas de exposição e no piso 1 situam-se as salas temáticas referentes ao modo de habitar deste tipo de construções, utensílios, etc. (Figura 67). A fachada principal, que

se vê na Figura 52, está orientada a Oeste e, tal como as restantes fachadas, tem uma percentagem elevada de aberturas e áreas envidraçadas. A entrada principal do edifício (observada na Figura 52) dá acesso à receção e a uma sala de exibição. A entrada secundária localiza-se no lado oposto do edifício, orientada a Este.

Da tipologia dos palheiros de Mira descrita na secção 4.2.1., quanto à fundação, o caso de estudo é uma exceção, pois utiliza a fundação permeável que atualmente é praticamente inexistente, em que as estacas estão à vista e o material constituinte das mesmas é o betão. A cobertura é revestida com telha aba-canudo, e o remate de beiral de empena do edifício é efetuado com telha de canal (Figura 54). Quanto ao tipo de sobrado, estrutura das paredes e respetivos revestimentos interiores e exteriores (Figura 55), e restantes elementos são semelhantes aos caracterizados na referida secção.



Figura 54 - Remate de beiral de empena do Museu



Figura 55 - Revestimento da fachada do Museu de Praia de Mira

De acordo com o Decreto-Lei n.º 118/2013 define-se como grande edifício de comércio e serviços cuja área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, iguale ou ultrapasse 1000 m<sup>2</sup>, ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas, e pequeno edifício de comércio e serviços, o edifício de comércio e serviços que não seja um grande edifício de comércio e serviços. O Museu insere-se na categoria de pequenos edifícios de comércio e serviços, pois possui uma área útil de 337,5 m<sup>2</sup>, cada piso com 168,75 m<sup>2</sup>. O Museu é abrangido pelo SCE, pois segundo ponto 3b do artigo 3º do DL 194 de 2015, são também abrangidos pelo SCE os edifícios ou frações existentes de comércio e serviços que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 250 m. Algumas características dos espaços do edifício encontram-se definidas na Tabela 3.

Tabela 3 - Espaços do edifício monitorizados e respetivas características

Piso	Espaço	Área pavimento (m <sup>2</sup> )	Área envidraçados (m <sup>2</sup> )	Orientação
Piso 0	Receção	21,25	2,60	Oeste
			1,30	Sul
	Sala rés chão	12,90	2,60	Este
			1,30	Sul
Piso 1	Sala de jantar	41,3	3,90	Oeste
			2,60	Norte
	Sala escola	12,90	2,60	Este
			1,30	Sul

Em relação à climatização, o edifício não possui qualquer sistema centralizado para aquecimento e arrefecimento. A utilização de equipamentos de aquecimento portáteis restringe-se à área da receção e apenas durante a estação de aquecimento.

## 5.2. Local de implantação do edifício

O edifício vernáculo em estudo encontra-se localizado junto de duas massas de água (Figura 56) — a Este pela “Barrinha de Mira” e a Oeste (a aproximadamente 400 m) pelo Oceano Atlântico. A lagoa de Mira serve de transição entre o litoral da Gândara, zona de águas e areias estéreis, e o coração (interior) da Gândara, que foi de extensas florestas e clareiras (Reigota, 2000).





Figura 56 - Vista aérea de Praia de Mira (fonte: Pinto (2013))

Através do Despacho n.º 15793-F 2013 pode-se determinar a Zona Climática (Figura 57) onde o edifício se encontra implantado. Sabendo que o edifício se encontra no município de Mira a uma cota de 10 m em relação ao nível médio das águas do mar, e com recurso a algumas fórmulas simples e tabelas, percebe-se que a zona climática de Inverno é I1 e a zona climática de Verão é V2.

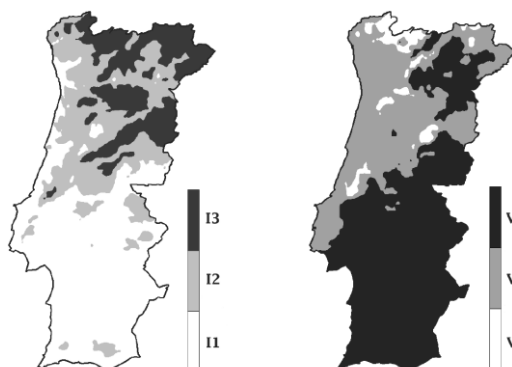


Figura 57 - Zonas Climáticas de Inverno (esq.) e Verão (dir.) de Portugal Continental (fonte: Despacho n.º 15793-F/2013)

### 5.3. Caracterização da envolvente do edifício

A utilização de XPS como isolamento térmico é uma melhoria contemporânea do período de construção do edifício relativamente à forma original deste tipo de arquitetura vernácula. O cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U) dos vários elementos da envolvente do edifício realizou-se considerando os valores indicados no ITE 50 (Santos and Matias, 2006).

As paredes exteriores do edifício (Figura 58) dividem-se em quatro camadas, do exterior para o interior: revestimento de madeira (1.5 cm); camada de ar (7 cm); camada de isolamento constituída por poliestireno extrudido XPS (3 cm); revestimento de madeira (1.2 cm). O coeficiente de transmissão térmica do elemento é  $0.81 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

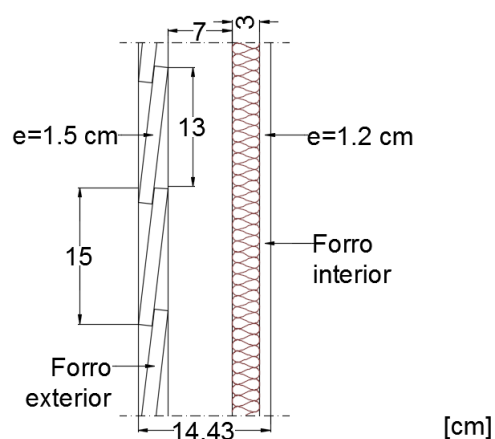


Figura 58 - Pormenor construtivo da parede exterior

A cobertura do edifício é inclinada ( $20^\circ$ ) e revestida por telha cerâmica (2.5 cm), sobre um desvão ventilado. O elemento da envolvente exterior na cobertura é a laje de esteira (Figura 59) em madeira (1.2 cm) com caixa-de-ar (20 cm) e revestimento XPS (3 cm) sob desvão ventilado. O coeficiente de transmissão térmica (ascendente) da laje de esteira é  $0.81 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

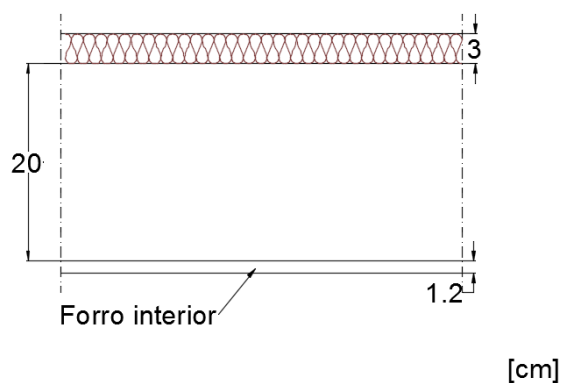


Figura 59 - Pormenor construtivo da laje de esteira

O pavimento exterior do edifício (Figura 60) com isolamento térmico (3 cm de XPS) e caixa-de-ar (22 cm) com revestimento de madeira (3 cm) pelo interior e exterior. O coeficiente de transmissão térmica (descendente) do elemento é  $0.61 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

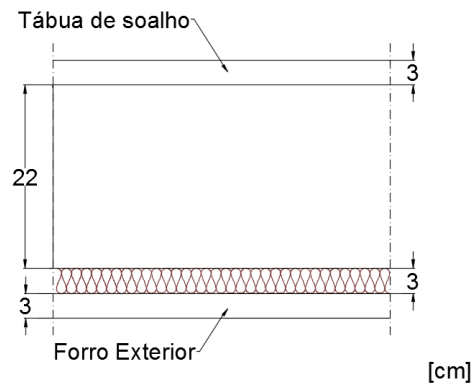


Figura 60 - Pormenor construtivo do pavimento exterior

As paredes divisórias (Figura 61) são constituídas por 3 camadas, revestimento de madeira (1.2 cm) intercalado com uma camada de ar (10 cm). O coeficiente de transmissão térmica do elemento é  $1,72 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . As paredes interiores fazem parte da envolvente do edifício porque a sala de arrumos no piso 1 trata-se de um espaço não útil. O pavimento interior (Figura 62) divide-se em 3 camadas, uma caixa-de-ar (22 cm) e revestimento inferior e superior de madeira (1,2 cm e 3 cm respetivamente). O coeficiente de transmissão térmica do elemento é  $1.48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . O pavimento exterior faz parte da envolvente pelo mesmo motivo das paredes interiores.

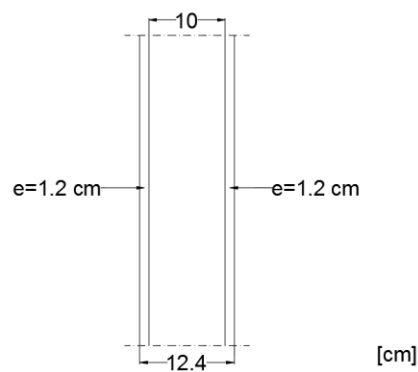


Figura 61 - Pormenor construtivo da parede interior

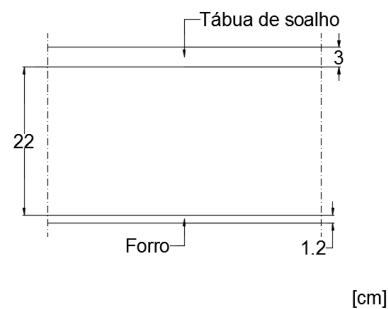


Figura 62 - Pormenor construtivo do pavimento interior

As portas exteriores são contruídas totalmente em madeira, com exceção da porta central da fachada principal que possui uma pequena percentagem de envidraçados. Os caixilhos exteriores são construídos em madeira, e a janela é do tipo guilhotina. O vidro utilizado nos vãos envidraçados é simples, com proteção interior através de cortinas opacas e sem proteção exterior. Os valores utilizados na simulação para efeito de cálculo são baseados nos valores correntes da legislação, tanto para as portas como para os vãos envidraçados, pois não foi efetuada nenhuma medição objetiva às características dos referidos elementos.

Os coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, de acordo com a legislação, em vigor (Figura 63), bem como os valores máximos admissíveis para este fator (Figura 64). Conjugando os valores de transmissão térmica dos elementos da envolvente e os valores da atual legislação para os coeficientes de transmissão térmica, pode-se ter uma ideia geral do cumprimento da legislação em relação aos elementos da envolvente (Tabela 4).

$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona Climática					
		Portugal Continental			A partir de 1 de janeiro de 2016		
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			A partir de 1 de janeiro de 2016		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,40	0,35	0,30
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}0.7$	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,60	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Figura 63 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{ref}$  (W/m<sup>2</sup>. °C) (fonte: Portaria n.º 379-A/2015)

$U_{máx}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona climática		
		Portugal Continental		
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,80	2,40	2,20

Figura 64 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{máx}$  (W/m<sup>2</sup>. °C) (fonte: Portaria n.º 379-A/2015)

Tabela 4 - Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente

Elemento da envolvente	$U_{\text{elemento}}$ (W/m <sup>2</sup> . °C)	$U_{\text{ref}}$ (W/m <sup>2</sup> . °C)	$U_{\text{máx}}$ (W/m <sup>2</sup> . °C)
Parede exterior	0,81	0,50	0,50
Laje de esteira	0,81	0,40	0,40
Pavimento exterior	0,61	0,50	0,40
Parede interior	1,72	0,80	
Pavimento interior	1,48	0,60	
Envidraçados	4,30	2,80	2,80
Portas Exteriores	3,00		

A partir da Tabela 4 percebe-se que nenhum dos elementos da envolvente cumpre a legislação em vigor. À exceção do pavimento exterior, ficam todos longe dos coeficientes de transmissão térmica de referência e máximo admissível para a zona do caso de estudo. Apesar dos elementos da envolvente exterior possuírem isolamento térmico (XPS), a espessura desta camada (3cm) é reduzida quando comparada com as espessuras que se atualizam atualmente de forma a cumprir a legislação. O revestimento interior e exterior em madeira está de acordo com a arquitetura vernácula de Praia de Mira, com espessuras entre 1 e 2 cm, mas também contribui para os elevados coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente em comparação com os máximos valores admissíveis da legislação.

## **6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO**

### **6.1. Enquadramento**

O estudo teve como base a monitorização *in situ* de um edifício de cariz vernáculo localizado em Praia de Mira, nomeadamente um museu etnográfico representativo e evocativo dos “palheiros de Mira”. A monitorização teve como intuito a recolha de dados relativos aos parâmetros ambientais que caracterizam o ambiente interior e que afetam as trocas de calor corpo/ambiente. De forma a superar a dificuldade de caracterizar as condições de conforto de um edifício, visto que depende de vários fatores, i.e. ambientais, da perceção e adaptabilidade humana, entre outros, a metodologia do estudo incluiu avaliações objetivas e subjetivas, de acordo com normas específicas.

### **6.2. Avaliações Objetivas**

A caracterização do comportamento térmico foi realizada através da monitorização dos parâmetros temperatura do ar e humidade relativa, no exterior e no interior do edifício, durante as estações do ano. Para perceber as oscilações destes fatores ambientais, foram instalados sensores termo higrométricos no exterior e interior do edifício (nos espaços com maior relevância), e uma estação meteorológica no exterior.

Os equipamentos para avaliação da qualidade do ambiente interior e de monitorização dos parâmetros ambientais foram instalados em novembro de 2014. A caracterização do comportamento térmico do edifício estendeu-se até janeiro de 2016, incluindo assim todas as estações do ano.

### 6.2.1. Ambiente Térmico dos Espaços Interiores

Para monitorizar em simultâneo a temperatura e a humidade relativa do ar dos espaços interiores monitorizados (Figura 67), utilizou-se um *data logger* com os respetivos transmissores independentes, da marca TFA, modelo KlimaLogg Pro (Figura 65). Os espaços monitorizados foram a receção (Figura 68) e a sala rés-do-chão (Figura 69) no piso 0 e a sala de jantar (Figura 70) e sala escola (Figura 71) no piso 1.



Figura 65 - *Data logger* TFA à esquerda; Transmissor independente TFA à direita

Este equipamento mede temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$  com uma precisão de  $\pm 0.5\text{-}1^{\circ}\text{C}$  e de  $\pm 3\%$  de humidade relativa, entre os 35% e os 75% (fora deste intervalo, a precisão é de  $\pm 5\%$ ). Os equipamentos foram colocados em locais protegidos da radiação solar direta e sem representarem um obstáculo às atividades quotidianas dos ocupantes do edifício, e os dados recolhidos foram descarregados para um computador quando se esgotava a capacidade de memória destes equipamentos. Estas medições decorreram durante todo o período de monitorização em concordância com os procedimentos e normas específicas (ISO 7726, ISO 7730, ASHRAE 55), com um período mínimo de 25 dias (o período de monitorização do inverno 2015/16 teve apenas 19 dias, pois a monitorização terminou a 10 de janeiro de 2016) e com os sensores a recolherem dados em intervalos de 30 minutos.

Com o objetivo de realizar avaliações quantitativas das condições térmicas de uma divisão específica, e segundo as normas: ISO 7726 (1998) e ISO 7730 (2005), recorreu-se a uma estação microclimática (modelo HD32.1 da marca DeltaOHM) (Figura 65) equipada com: sensor de temperatura de globo  $\varnothing 150\text{mm}$ , que permite obter a temperatura de radiação; sensor omnidirecional de fio quente para a medição da velocidade do ar; sensor combinado de temperatura do ar e humidade relativa; e duplo sensor para medição de temperatura de bolbo seco e bolbo húmido natural.

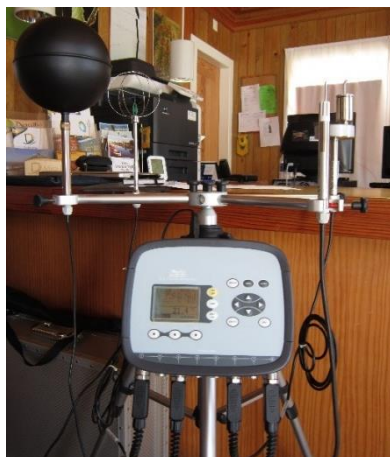


Figura 66 - Estação Microclimática DeltaOHM HD32.1

De acordo com as normas de avaliação do ambiente térmico, este tipo de medições de conforto deverá ser realizado nos locais ocupados do edifício, assim, consoante a distribuição dos ocupantes no espaço, escolhe-se a localização do equipamento, que neste caso foi a receção, pelo facto de ser o espaço com maior taxa de ocupação. O posicionamento do equipamento seguiu as recomendações da norma ASHRAE 55 (2003). O período de monitorização foi no mínimo de 1 hora, e o intervalo entre registos de 5 minutos. A informação recolhida é transferida para um computador para ser utilizada na análise das condições de conforto térmico de forma a determinar a temperatura operativa.



Figura 67 - Plantas dos pisos do Museu e localização dos sensores necessários à monitorização



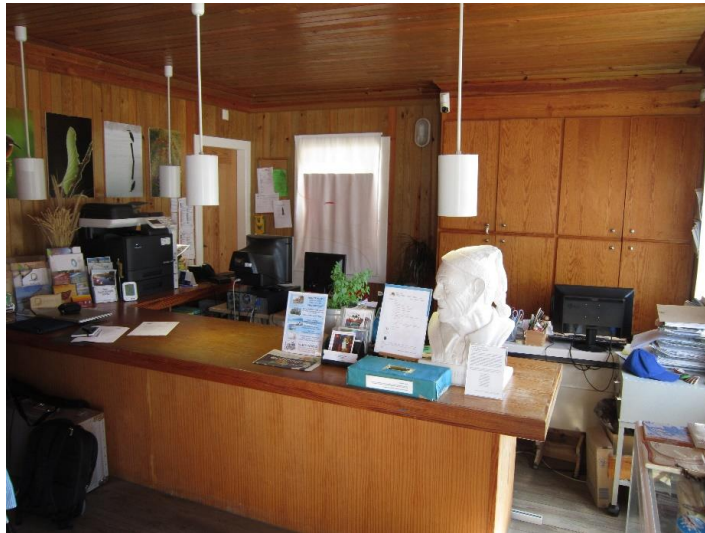


Figura 68 – Recepção



Figura 69 - Sala rés-do-chão



Figura 70 - Sala de Jantar



Figura 71 - Sala Escola

#### 6.2.2. Ambiente Térmico Exterior

A monitorização das condições exteriores (temperatura, humidade relativa, velocidade e direção do vento, radiação solar, pressão atmosférica e precipitação) ao edifício foi realizada através de uma estação meteorológica (Figura 72). Por redundância de dados e para salvaguardar possíveis falhas na recolha de dados (temperatura e humidade relativa do ar), utilizou-se um sensor da marca Testo, modelo testostor 175 Logger (Figura 73). Os testostors funcionam de forma individual, necessitando programação prévia através do programa informático que acompanha o equipamento e possuem memória para 2000 medições. Permitem medir a temperatura no intervalo de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$  com precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  e entre  $\pm 1,2\%$  a  $\pm 3\%$  para a humidade relativa. O equipamento foi colocado no tardo do edifício, em local protegido da chuva e da radiação solar direta.



Figura 72 - Estação meteorológica



Figura 73 - Testostor 175 Logger da Testo

### 6.3. Avaliações Subjetivas

De forma a completar a informação obtida pelas avaliações objetivas e analisar o conforto percebido pelos ocupantes realizaram-se avaliações subjetivas na forma de questionários que foram preenchidos pelos mesmos. O questionário usado foi baseado no “Thermal Environmental Survey” da norma ASHRAE 55 (2003) e as recomendações para as avaliações subjetivas apresentadas na norma EN 15251 (EN 1521, 2006). No anexo I encontra-se o inquérito sobre a percepção da qualidade do ambiente interior para consulta.

O Inquérito sobre a percepção da Qualidade do Ambiente Interior divide-se em quatro partes com a seguinte estrutura: a primeira parte apresenta os objetivos do inquérito; na segunda parte pede-se a data e hora do preenchimento, são pedidos alguns dados pessoais do inquirido (nome, género, peso, idade, altura e a existência, ou não, de algum motivo de ordem psicológica e/ou fisiológica que possa condicionar a sensação de conforto), as condições do ambiente envolvente (temperatura, estação climática, estado do tempo e equipamentos que possam estar a interferir com as condições do ambiente interior) e indicação do nível de atividade do inquirido aquando do momento de realização das avaliações objetivas; a terceira parte destina-se à caracterização do vestuário do inquirido e à obtenção do voto médio da sensação de conforto térmico; na quarta parte pretende-se que o inquirido avalie a sensação de conforto global e dos restantes parâmetros em estudo. Por último, dirigido ao auditor, as colunas laterais de cor cinzenta, presentes em algumas partes do inquérito, têm como objetivo registar dados adicionais que auxiliem no tratamento dos dados.

Um sujeito previamente exposto a um determinado ambiente térmico e/ou nível de atividade poderá encontrar as condições, do espaço em estudo, fora do seu padrão de conforto (ASHRAE 55, 2003). O efeito desta exposição e/ou atividade poderá afetar a sensação de conforto por um período aproximado de uma hora. De forma a proporcionar ao sistema termorregulador o tempo necessário para se adaptar ao ambiente envolvente, os intervenientes estiveram expostos às condições de conforto dos espaços em estudo, por um período aproximado de uma hora, antes do preenchimento dos inquéritos.

#### **6.4. Modelo de Conforto Adaptativo**

Os dados climáticos do ambiente interior foram correlacionados com os parâmetros exteriores, para a análise das condições de conforto térmico, utilizando o modelo de conforto térmico adaptativo, pois é o modelo que se adequa melhor para áreas ventiladas naturalmente. O modelo escolhido foi desenvolvido no Laboratório Nacional de Engenharia Civil por Matias (2010), e é uma adaptação para o contexto português do modelo específico da ASHRAE 55 e EN 15251. O modelo desenvolvido por Matias (2010)(Matias, 2010) é uma abordagem adaptativa que procura definir os requisitos de conforto térmico interior que se aplicam aos edifícios portugueses, tendo em conta o clima Mediterrânico de Portugal, o estilo de vida, o projeto e utilização dos edifícios. Matias (2010) avaliou e monitorizou *in situ* os principais parâmetros do ambiente interior de vários edifícios com diferentes funções (escritórios, residenciais, escolas e lares de idosos) por todo o país, durante todas as estações do ano, e estimando a perceção térmica dos ocupantes através de inquéritos. Através dos resultados obtidos do estudo, Matias demonstrou que: os utilizadores podem tolerar intervalos de temperatura mais amplos do que aqueles que são indicados nas normas atuais, em especial na estação de aquecimento (Inverno); e a temperatura exterior tem um forte impacto na perceção térmica dos ocupantes.

Este modelo adaptativo tem em conta a maioria dos fatores que influenciam o conforto térmico: o vestuário dos ocupantes; o uso de sistemas ativos que alterem as condições do ambiente interior ou a ausência destes; perspetivas e comportamento dos ocupantes a respeito de determinadas condições térmicas, dependentes de fatores relacionados com a temperatura exterior. No modelo do LNEC (Matias, 2010) também é indicado que o conforto térmico

verifica-se quando uma pessoa se sente neutra termicamente e ao mesmo tempo mostre intenção em manter essa neutralidade.

Na aplicação do modelo aos casos de estudo foram assumidas as seguintes condições:

- (i) Os níveis de atividade dos ocupantes correspondem a atividades sedentárias que resultam em níveis de metabolismo (met) entre 1,0 e 1,3 met;
- (ii) Os ocupantes têm a liberdade de adaptar o isolamento térmico das suas roupas;
- (iii) Velocidade do ar abaixo dos 0,6 m/s;
- (iv) Temperatura interior operativa entre 10°C e 35°C;
- (v) Temperatura média exterior entre 5°C e 30°C

Ao utilizar o modelo de Matias (2010) pode-se considerar ou não a utilização de sistemas mecânicos para acondicionamento do ambiente interior, enquanto o modelo da ASHRAE 55 (2003) não considera sistemas de climatização.

Considerando que o tempo de adaptação de um indivíduo às alterações do clima exterior é de aproximadamente uma semana, a temperatura de conforto térmico resulta da relação da temperatura operativa ( $\theta_o$ ) com a ponderação exponencial da temperatura exterior média dos sete dias anteriores (temperatura exterior média,  $\theta_{rm}$ ) (Matias, 2010). A média exponencialmente ponderada da temperatura dos sete dias anteriores resulta do cálculo da Equação (1) da norma EN 15251 (2006).

$$\theta_{rm} = (T_{n-1} + 0.8T_{n-2} + 0.6T_{n-3} + 0.5T_{n-4} + 0.4T_{n-5} + 0.3T_{n-6} + 0.2T_{n-7})/3.8 \quad (1)$$

$\theta_{rm}$  (°C) – temperatura exterior exponencial ponderada;

$T_{n-1}$  (°C) – temperatura média exterior do dia anterior (n).

Neste modelo são definidas duas séries de temperaturas de conforto, uma aplicável a espaços com sistemas de ar condicionado ativos e outra a espaços com sistemas de ar condicionados desativados ou inexistentes. Os limites definidos neste modelo para a temperatura operativa estão até 3°C acima ou abaixo da temperatura estimada de conforto para os dois tipos de espaço

mencionados anteriormente, espaços sem ar condicionado ( $\theta_o=0.43\theta_m+15.6$ ) e espaços com ar condicionado ( $\theta_o=0.3\theta_m+17.9$ ), com uma taxa de aceitação igual a 90%. A temperatura operativa foi calculada com base nos resultados obtidos das medições da estação microclimática.

## **6.5. Modelação tridimensional do caso de estudo em ferramenta de simulação energética**

Segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013, entende-se por simulação dinâmica a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

O modelo 3D para análise termodinâmica da morfo-tipologia em estudo foi desenvolvido recorrendo ao *software* DesignBuilder/EnergyPlus. A simulação dinâmica do edifício em estudo divide-se em duas fases, numa primeira fase é feita a modelação geométrica e introdução de dados no DesignBuilder com as características do edifício, a segunda fase corresponde à parte de cálculo, pela qual é responsável o EnergyPlus.

A introdução de dados do edifício em geral, ou de um espaço, é feita através de cinco separadores:

- “Activity” – dados relacionados com o tipo de atividade realizada em determinado espaço. Exemplo: horário e densidade de ocupação, densidade de iluminação, consumo de água quente sanitária, etc.;
- “Construction” – dados relacionados com os materiais utilizados e o tipo de construção.
- “Openings” – dados relacionados com as aberturas do edifício. Exemplo: janelas, portas, tipo de vidro, etc.;
- “Lighting” – dados relacionados com a iluminação do edifício. Exemplos: tipo de iluminação, horário, etc.;

- “HVAC” – dados relacionados com os equipamentos de climatização, aquecimento de águas sanitárias e ventilação natural. Exemplos: energia auxiliar utilizada nos equipamentos de AVAC, tipo de energia utilizado em cada caso, etc.

Os resultados da simulação são apresentados através de gráficos ou tabelas, sendo possível a escolha do tipo de informação que se obtém após a simulação (exemplo: consumos totais, consumos parciais, temperatura, conforto, etc..), os intervalos de tempo entre cálculos, o período de tempo abrangido na simulação, etc.

A simulação do edifício em estudo é realizada com o objetivo de perceber a viabilidade dos modelos computacionais, para isso, foram comparados os dados reais com os simulados por forma a aferir a viabilidade do modelo. Este tipo de modelação, também tem potencial interesse para testar outras soluções construtivas, e perceber qual seria o desempenho destas em relação à solução adotada na realidade.

De seguida são apresentadas as configurações mais importantes e mais significativas para a modelação do edifício em estudo (Figura 74).

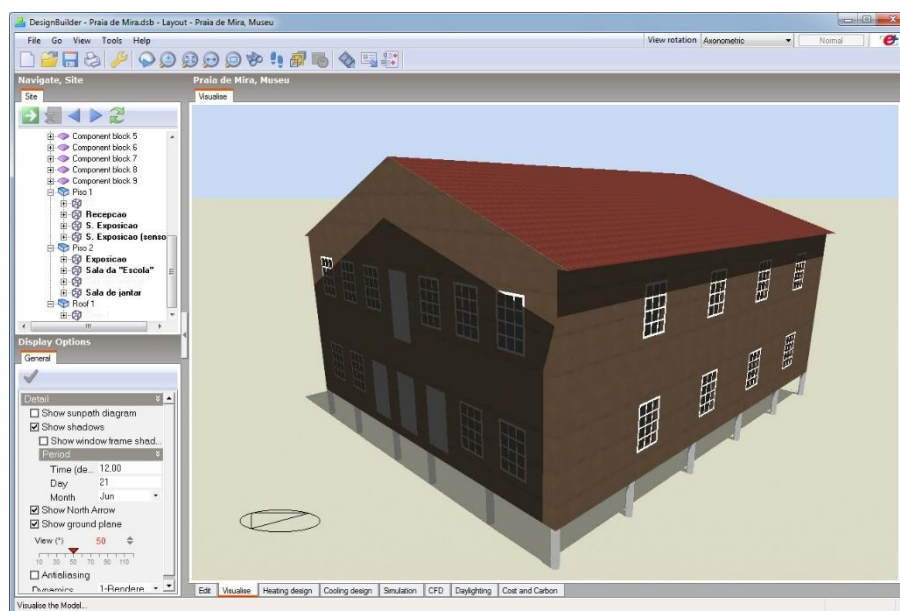


Figura 74 - Edifício em estudo modelado no Design Builder

O clima é um dos principais fatores de variação de temperatura no interior do edifício e consequente aumento de consumo energético. O que está relacionado com o clima é definido no separador “Location” (Figura 75) do local de implantação do edifício. Neste separador é possível definir vários dados relacionados com a região e local de implantação do edifício. Para os dados climáticos utilizados na simulação foi criado um ficheiro climático através do *software* Elements, com os dados recolhidos no local através da estação meteorológica.

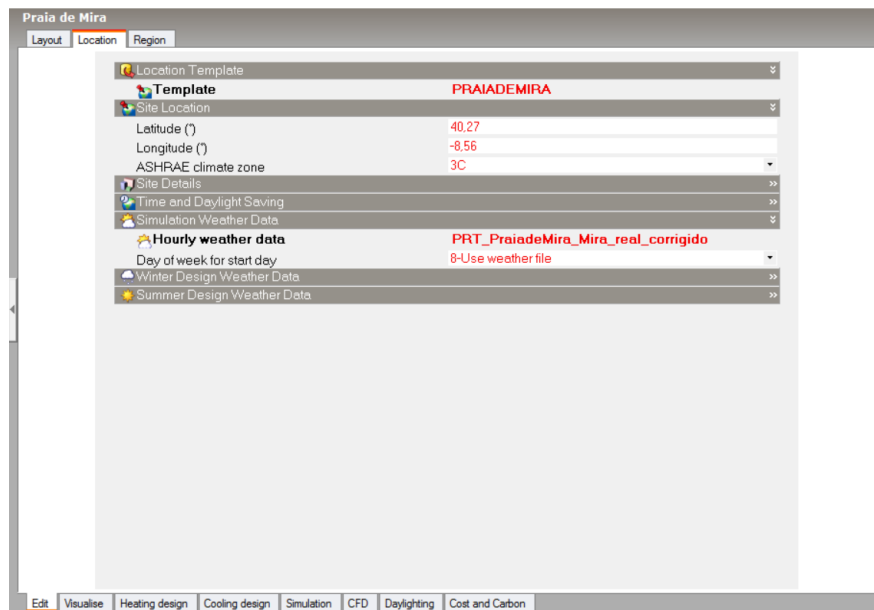


Figura 75 - Separador "Location"

O Metabolismo é um fator comum que vai ter influência nas cargas térmicas interiores do edifício, esta influência traduz-se pelo calor libertado pelos utilizadores durante a realização das suas tarefas, aumentando assim a temperatura interior dos espaços, resultando numa maior necessidade de arrefecimento e uma menor necessidade de aquecimento. Os parâmetros relacionados com o metabolismo são definidos no separador “Activity” do edifício modelado de uma forma geral, ou de uma forma mais particular em cada espaço.

Para este modelo, foi utilizada a opção “Lumped Gains”, assim, todos os ganhos relativos à ocupação, iluminação, computadores e outros ganhos internos são acumulados num único valor e cronograma no separador “Gains” (Figura 76). Para definir o valor de ganhos térmicos internos do edifício recorreu-se à legislação em vigor, que no quadro iv.3 do Regulamento das



Características de Comportamento Térmico dos Edifícios define um valor de  $7 \text{ W/m}^2$  para edifícios de serviços (Diário da República, 2006).

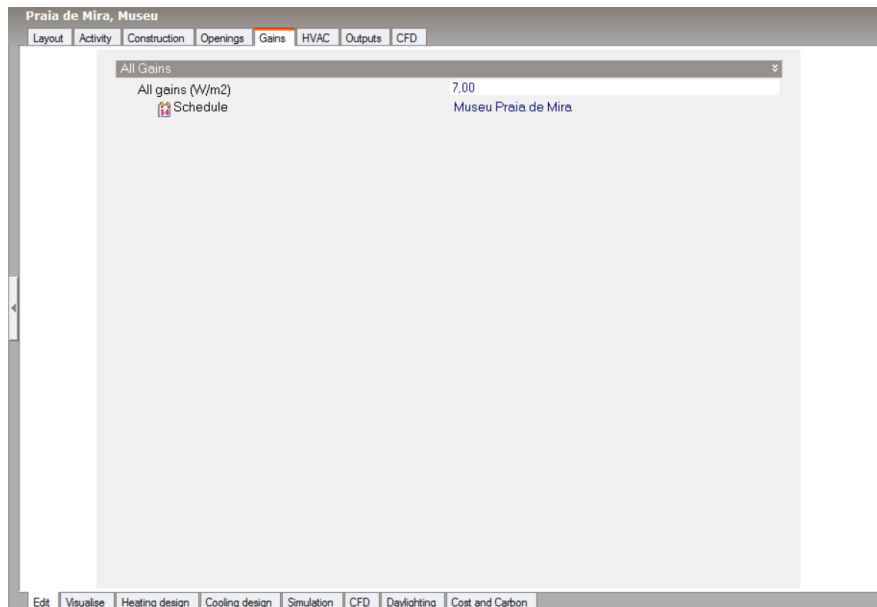


Figura 76 - Separador "Gains"

A inércia térmica de um edifício é a capacidade que este tem em controlar as variações de temperatura no seu interior, esta capacidade deve-se aos elementos construtivos do edifício e à quantidade de calor que os materiais conseguem absorver e reter, a sua inércia térmica. A inércia térmica influencia o comportamento do edifício, tanto na estação de aquecimento ao determinar a capacidade de utilização dos ganhos solares, como na estação de arrefecimento ao influenciar a capacidade de o edifício absorver os picos de temperatura. No separador “Construction” (Figura 77) do edifício foram criados dois tipos de parede, exterior e interior e três tipos de pavimento, exterior, de esteira e interior com as propriedades observadas na Tabela 4. Os tipos e materiais de construção são comuns a todo o edifício em estudo e por isso são especificados nas opções gerais do modelo, mas se não fosse esse o caso, estes podiam ser definidos em cada divisão.

Por se tratar de um tipo de construção em madeira, que apesar de ter isolamento térmico, não possui grande estanquidade às infiltrações de ar, estas têm influência na ventilação e renovação de ar do edifício. Para determinar o valor da taxa de infiltrações dos elementos da envolvente do edifício, criou-se um modelo no Design Builder com base em dados de infiltrações do

“Manual de Simulação Computacional de Edifícios Naturalmente Ventilados no Programa EnergyPlus” (Pereira *et al.*, 2013), e obtiveram-se dois resultados, 0.9 renovações de ar por hora para o inverno e outono, e 1.2 renovações de ar por hora para verão e primavera. Estes valores também são introduzidos no separador “Construction” (Figura 77).

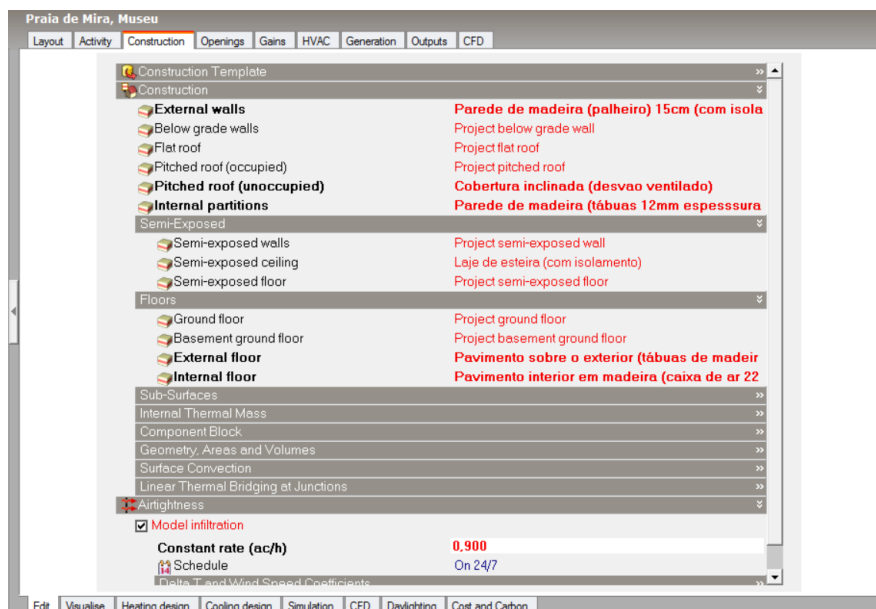


Figura 77 - Separador “Construction”

Os sistemas de climatização, ventilação mecânica e sistemas de água quente têm um papel fundamental nos consumos, ganhos internos e conforto térmico de um edifício, outra questão fundamental para o conforto térmico, é a ventilação dos espaços. Esta caracterização do espaço é feita no separador “HVAC”, sendo aqui definidos os diferentes tipos de sistemas de climatização, caso existam. Como se trata de um edifício passivo, não possui sistemas de ventilação mecânica nem de climatização e recorre apenas à ventilação natural. O consumo de água quente é nulo pois o edifício não possui sistema de aquecimento para as águas sanitárias.

Grande parte da ventilação natural do edifício deve-se à porta aberta na receção. Para calcular esse caudal de ventilação recorreu-se à Equação (2), onde A corresponde à área da porta aberta (1.9m<sup>2</sup>) e V corresponde à velocidade do vento. Através dos dados da estação meteorológica, calculou-se o valor médio da velocidade do vento no local do edifício (1.3 m/s). Com estes dados obteve-se uma taxa de ventilação de aproximadamente 4 renovações de ar por hora para a receção (Figura 78).

$$Q_V = 0.025 \times A \times V \quad (2)$$

Para os restantes espaços do edifício considerou-se o caudal mínimo de ar para átrios apresentado no anexo do Decreto-Lei nº 79/2006 (Ministério das Obras Públicas, 2006), e as características dos espaços do edifício (área e volume) obteve-se um valor de aproximadamente 3 renovações de ar por hora.

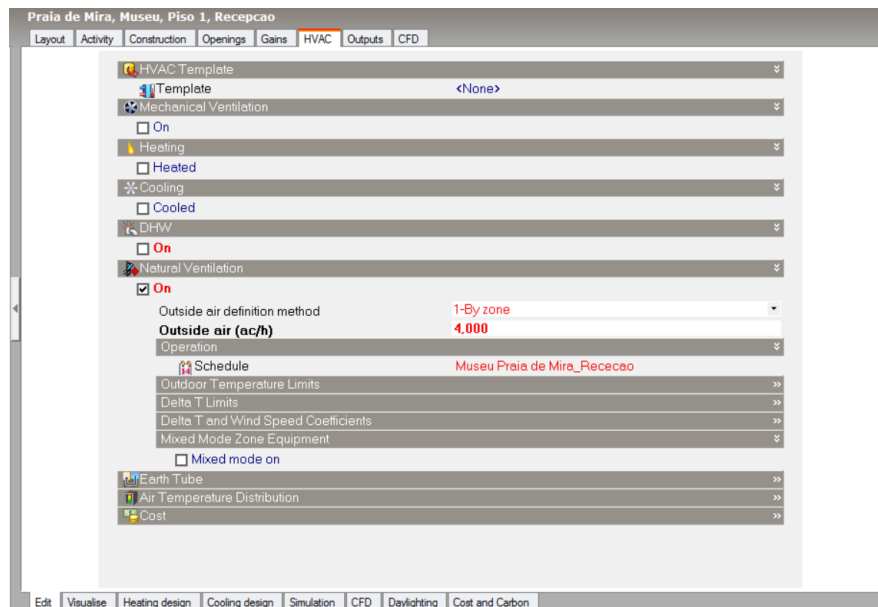


Figura 78 - Separador "HVAC"

Depois de o modelo ter sido calibrado, em função dos resultados da monitorização, procedeu-se à modelação do edifício introduzindo duas alterações. Foi criado um modelo do edifício sem o isolamento térmico, para aproximar o edifício da época em que este tipo de arquitetura era contemporâneo. No outro modelo criado substituíram-se os elementos construtivos pela prática corrente dos anos 90 do século XX com base nos sistemas construtivos mais comuns por épocas de acordo com a base de dados da ADENE (Anexo IV), de forma a perceber qual seriam as diferenças de desempenho entre os dois tipos de arquitetura.

## **7. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO**

A análise dos resultados através do tratamento dos dados obtidos a partir das monitorizações tem como objetivo caracterizar o comportamento e as condições de conforto do edifício. Para complementar a informação obtida a partir das monitorizações, e de forma a relacionar as avaliações objetivas e subjetivas, analisam-se também os questionários sobre a perceção da qualidade do ambiente interior.

A monitorização decorreu durante todas as estações do ano, os resultados são apresentados por estação e por ordem cronológica.

### **7.1. Análise Preliminar**

#### **7.1.1. Caraterização das Amostras**

Os resultados das avaliações subjetivas dizem respeito ao período de monitorizações entre 7 de novembro de 2014 e 10 de janeiro de 2016. No total, realizaram-se 20 avaliações subjetivas por parte dos ocupantes com um período mínimo de permanência no interior do edifício de aproximadamente de 1 hora.

Na Tabela 5 apresentam-se algumas informações gerais relativas aos ocupantes inquiridos. Os ocupantes, na sua maioria Masculinos (65%), apresentam idades entre 17 e 42 anos e uma média de aproximadamente 34 anos. A estatura média dos ocupantes é 1,80 m e o peso médio é 77,1 kg. Nos distintos momentos de avaliação, os inquiridos reportaram temperaturas aproximadas do ar exterior compreendidas entre os 10°C e os 28°C (Tabela 6). Como já foi referido, o metabolismo é um fator que tem influência nas cargas térmicas interiores do edifício. O nível de atividade mínimo registado foi 1, que corresponde a estar sentado e quieto, e o máximo registado foi 2, que corresponde a estar de pé e em atividade ligeira, os níveis de atividade médios foram de 1,2 met para Outono e Verão e 1,3 met para Inverno e Primavera (Tabela 7). Outro fator com influência é a resistência da roupa dos ocupantes. O isolamento do vestuário

dos inquiridos (Tabela 8), em média é próximo do típico para o inverno e verão, 1 clo e 0,5 clo, respetivamente.

Tabela 5 - Informação relativa aos ocupantes

Data	Sexo	Idade	Peso (kg)	Altura (m)
07/11/2014	M	33	90	1,80
07/11/2014	M	32	72	1,90
07/11/2014	F	41	80	1,70
18/12/2014	M	32	72	1,90
18/12/2014	F	41	80	1,70
09/02/2015	F	42	80	1,70
09/02/2015	M	32	72	1,90
11/04/2015	M	33	72	1,90
11/04/2015	F	42	80	1,70
11/04/2015	M	31	80	1,90
11/05/2015	M	33	72	1,90
11/05/2015	F	42	80	1,70
11/05/2015	M	17	85	1,78
11/05/2015	F	17	67	1,58
12/07/2015	M	33	72	1,90
12/07/2015	F	42	60	1,55
18/10/2015	M	33	75	1,90
18/10/2015	M	34	89	1,81
10/01/2016	M	34	89	1,81
10/01/2016	M	33	75	1,90
	<b>Média</b>	<b>33,9</b>	<b>77,1</b>	<b>1,80</b>

Tabela 6 - Temperaturas aproximadas exteriores (°C) percecionadas pelos inquiridos

Estação	Min	Max	Média
Outono	12,0	20,0	16,4
Inverno	10,0	17,0	13,7
Primavera	16,0	26,0	19,9
Verão	23	28	25,5

Tabela 7 - Níveis de atividade (met) dos inquiridos

Estação	Nível de Atividade		
	Min	Max	Média
Outono	1	2	1,2
Inverno	1	2	1,3
Primavera	1	2	1,3
Verão	1	1	1,2

Tabela 8 - Isolamento do vestuário (Clo) dos Inquiridos

Estação	Min	Max	Média
Outono	0,7	1,4	1,1
Inverno	1,0	1,4	1,2
Primavera	0,4	1,4	0,8
Verão	0,44	0,51	0,475

### 7.1.2. Perfil de Utilização do Edifício

Durante a monitorização, os ocupantes registaram numa tabela de que forma o edifício era utilizado, por exemplo, se eram utilizados equipamentos de aquecimento/arrefecimento ou se era promovida a ventilação dos espaços interiores, etc. Estes registos foram úteis para perceber mudanças súbitas de temperatura ou humidade relativa, embora com algumas faltas de registos. O modelo do perfil de utilização do edifício encontra-se no Anexo II.

O caso de estudo trata-se de um edifício que reproduz as características e sistemas construtivos vernáculos da zona, com alguns melhoramentos, cuja função é a de museu etnográfico e posto de turismo. De acordo com a sua função encontra-se aberto ao público, logo, é natural que o edifício, e em especial a receção, esteja equipado com um ou mais computadores e impressora. Também pelo facto de estar aberto ao público, mantém a porta de entrada muitas vezes aberta, e pela localização do edifício, numa zona húmida junto ao mar, os funcionários do museu utilizam aquecedores e desumificadores nas estações mais frias.

## 7.2. Análise dos resultados obtidos para o Ambiente Térmico

### 7.2.1. Outono 2014

A medição de outono de 2014 decorreu entre 8 de novembro e 20 de dezembro de 2014. Na Figura 79 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, no interior e exterior do edifício, obtidos no período de medição. A Tabela 9 apresenta as temperaturas médias, máximas e mínimas, os valores médios máximos e mínimos registados para o exterior do edifício e para todos os compartimentos alvos de monitorização. Através dos dados recolhidos é relevante perceber a percentagem de tempo que o edifício mantém as condições de conforto padrão (temperatura entre os 18°C e 25 °C), essa informação também se encontra na Tabela 9.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que a temperatura exterior rondou em média os 13°C, com amplitude térmica diária média de aproximadamente 6°C. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 15°C com amplitude térmica diária média de aproximadamente 4°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 79) e da Tabela 9, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção é o espaço que regista as temperaturas mais altas. Isso pode dever-se ao facto de ser o espaço que tem maior taxa de ocupação e por isso ser alvo de alguma climatização por parte dos funcionários do museu, e por isso é o compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante mais tempo. A sua localização, com alçados orientados para sudeste e sudoeste, a climatização e o facto de ter a porta com acesso para o exterior aberta durante grande parte do tempo, faz com que seja o espaço com maior amplitude térmica.

- A sala de jantar é o espaço que regista as temperaturas média e média diária mínima mais baixa, e é também o compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante menos tempo (6.5%), estes dados podem ser explicados por ser o espaço com maior área útil e por ter uma fachada orientada a norte e uma grande área de envidraçados. A sua fachada orientada a oeste com grande percentagem de envidraçados faz com que a sala de jantar registre também alguns picos de temperatura, segunda maior temperatura média diária máxima, nos dias em que há sol. A falta de proteções solares da divisão conjugada com a incidência direta da radiação nos períodos em que é mais intensa e em que a altura solar é menor, faz com que a temperatura ambiente do compartimento aumente. Assim, a sala de jantar é o segundo espaço com maior amplitude térmica, com um valor muito semelhante ao da receção.

- A análise da sala rés-do-chão e da sala escola tem de ser feita em conjunto, pois estes dois espaços partilham as mesmas características (orientação, área de pavimento e área de envidraçados), a única exceção é o piso a que pertencem. O comportamento destes dois espaços é semelhante, registam uma temperatura média semelhante, a mesma temperatura média diária mínima e mantêm a temperatura ambiente de 18 °C ou acima durante a mesma percentagem do

tempo (10%). Apesar disto, a sala rés-do-chão é a que apresenta uma menor amplitude térmica. A sala do rés-do-chão tem cortinas interiores quase opacas de cor branca, tem maior probabilidade de sombreamento pela envolvente arbórea e está sobre desvão exterior enquanto a sala escola está sob o desvão da cobertura e por estar mais elevada está menos sujeita ao sombreamento pela envolvente. Estas diferenças resultam na menor amplitude térmica da sala rés-do-chão, e no facto de a sala escola (piso 1) atingir temperaturas mais elevadas do que a sala rés-do-chão (piso 0).

Outro aspeto relevante quando se analisa o perfil de temperatura é, alguma capacidade de retenção de calor que o edifício demonstra. Quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual.

Tabela 9 – Estatísticas temperatura outono 2014

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola*
Temperatura (°C)					
Máximo	21,8	22,7	21,0	21,0	20,6
Média	13,1	15,8	14,4	15,0	15,2
Mínimo	2,6	8,5	7,4	8,0	7,9
Temperatura média diária (°C)					
Máximo	16,1	18,4	17,4	16,5	17,2
Mínimo	9,7	13,8	12,9	13,5	13,5
Amplitude	6,4	4,6	4,5	3,0	3,6
% do tempo	Acima de 18°C	18%	6%	10%	10%
	Abaixo de 25°C	100%	100%	100%	94%

\*Falta de dados: Sala escola - 1/12 18:00 até 3/12 15:30 e 4/12 14:30 até 5/12 10:30, e por isso a percentagem de tempo abaixo dos 25°C não é 100%

A Tabela 10 apresenta as percentagens de humidade relativa médias, máximas e mínimas, os valores médios máximos e mínimos registados para o exterior do edifício e para todos os compartimentos alvos de monitorização. Através dos dados recolhidos é interessante perceber a percentagem de tempo que o edifício mantém as condições de conforto padrão (percentagem de humidade relativa entre os 50% e 70%), essa informação também se encontra na Tabela 10.



No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 87%. Com exceção da receção, as percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 72%.

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 79) e da Tabela 10, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção é o espaço que regista a percentagem mais baixa de humidade relativa e maior amplitude média diária, que se pode explicar pelo facto de, como já foi referido, ser o sítio pelo qual se faz o acesso ao exterior e por isso mantém a porta aberta durante uma percentagem elevada de tempo o que confere ao espaço uma maior ventilação, e também pelo facto de os funcionários do museu utilizarem um desumidificador de vez em quando. A receção, tal como no parâmetro temperatura, é o compartimento que se mantém durante mais tempo no intervalo desejado (57% do tempo entre os 50% e 70% de humidade relativa).

- A sala de jantar é o espaço, a seguir à receção, com menor percentagem média de humidade relativa, e a seguir à sala rés-do-chão, é o compartimento que mantém a percentagem de humidade relativa mais constante. Tal como no parâmetro temperatura, a sala de jantar continua a ser o compartimento que se mantém menos tempo dentro do intervalo desejado (8% do tempo entre os 50% e 70% de humidade relativa), mantém uma percentagem de humidade relativa analogamente constante ligeiramente acima dos 70%.

- A sala rés-do-chão e a sala escola mantêm a humidade relativa entre os 50% e 70% durante uma percentagem do tempo semelhante, mas, apesar disso têm comportamentos bastante distintos. A sala escola é o espaço que regista a média mais alta de percentagem de humidade relativa e, a seguir à receção, a maior amplitude média diária. A sala rés-do-chão, tal como relativamente à temperatura, é a que apresenta menor amplitude média diária, um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior. Assim, a sala rés-do-chão (pisos 0) apresenta um comportamento mais constante em relação à sala escola (pisos 1).

Como se trata de um edifício rodeado por água, de um lado o mar do outro a lagoa, a humidade no exterior apresenta sempre valores elevados, tendo apenas alguns picos de valores mais baixos, enquanto no interior do edifício essa oscilação não se faz notar tanto, este parâmetro vai se mantendo sem grandes variações ao longo do período de monitorização. A capacidade de

absorção de humidade dos elementos interiores em madeira pode ser um dos motivos para este comportamento, uma vez que o aumento de temperatura é acompanhado por uma redução da humidade relativa e vice-versa.

Tabela 10 - Estatísticas humidade relativa outono 2014

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola*
Humidade Relativa (%)					
Máximo	99,9	80,0	75,0	79,0	83,0
Média	86,9	68,4	72,0	72,3	73,4
Mínimo	59,2	55,0	59,0	64,0	51,0
Humidade Relativa media diária (%)					
Máximo	96,4	72,3	73,3	74,0	75,8
Mínimo	73,4	63,2	68,7	70,4	68,3
Amplitude	23,0	9,1	4,6	3,7	7,3
% do tempo	Entre 50-70%	57%	8%	18%	16%

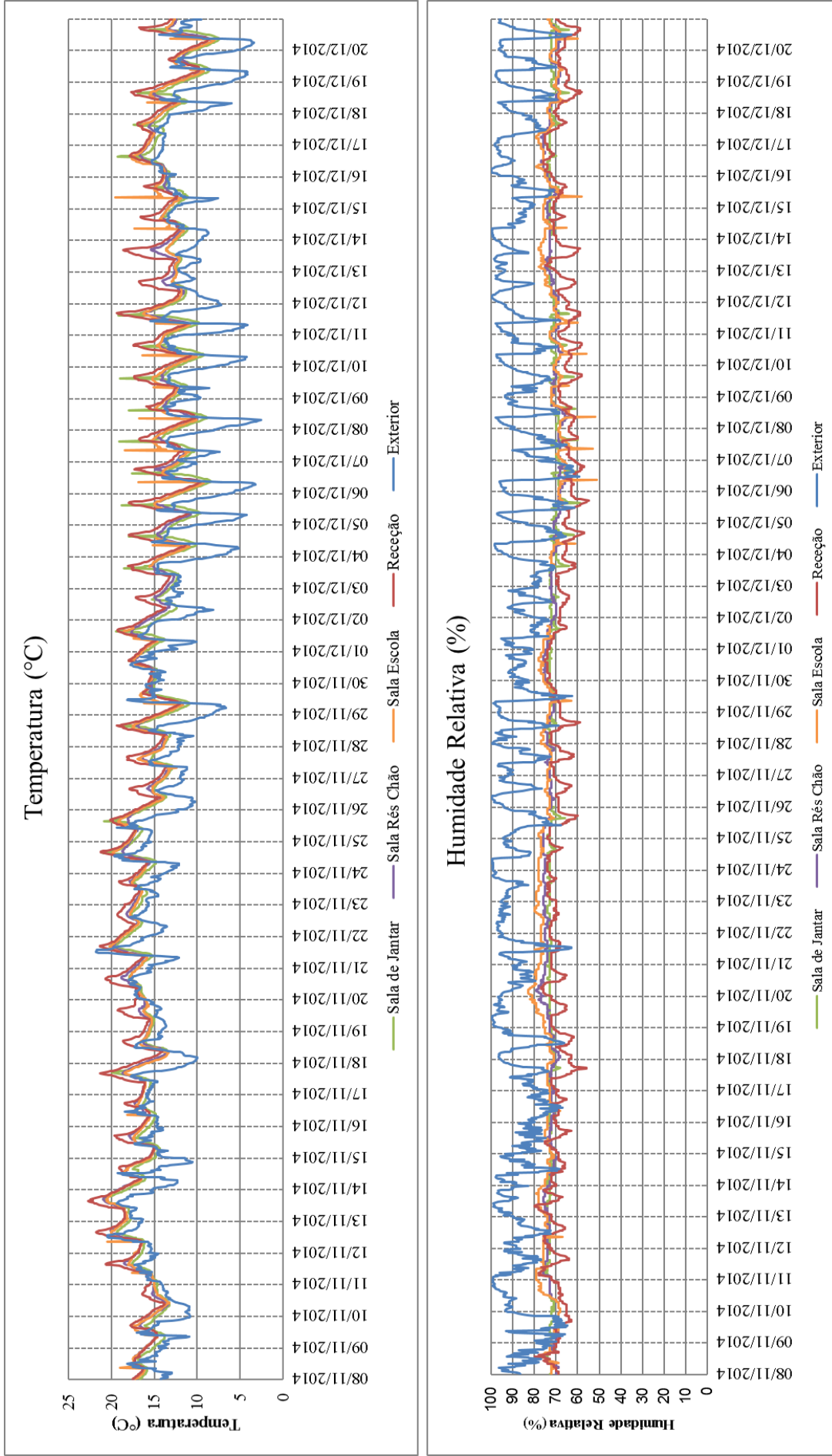


Figura 79 - Gráficos dos perfis de temperatura e humidade relativa da monitorização do Outono 2014

### 7.2.1.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

A sensação de desconforto global na receção foi avaliada através dos inquiridos sobre a perceção da qualidade do ambiente interior. Os visados classificam os parâmetros iluminação, nível de ruído e qualidade do ar através de 4 escalas, e a sensação de desconforto global através de uma escala que varia desde neutro a muito desconfortável (Figura 80).

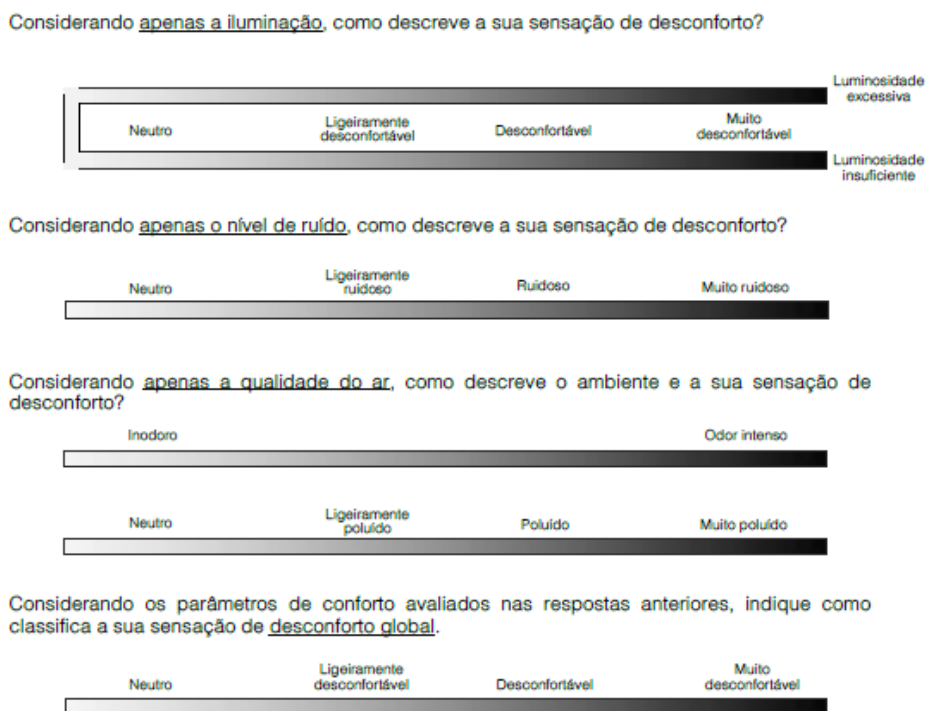


Figura 80 - Escalas da sensação de desconforto global

Em geral, nas avaliações subjetivas realizadas no outono 2014 na receção (Figura 81), verifica-se que as classificações de desconforto global variam entre neutro e desconfortável. Os parâmetros que os visados mais apontam como causas para o desconforto estão relacionados com a iluminação, os inquiridos sentem-se ligeiramente desconfortáveis com a iluminação insuficiente do compartimento. Uma parte dos questionários aponta também para um desconforto provocado por algum odor e pelo ar poluído. Por outro lado, o nível de ruído não causa qualquer transtorno.

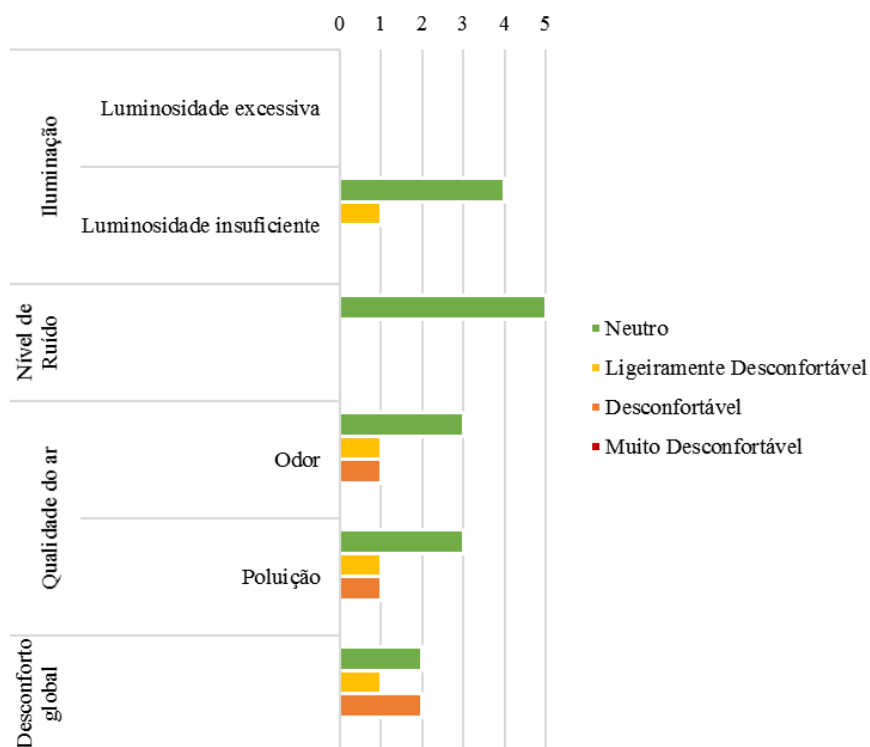


Figura 81 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global outono 2014

#### 7.2.1.2. Avaliação objetiva das condições de conforto térmico

A receção foi monitorizada através da estação microclimática, nos dias 7 de novembro e 18 de dezembro de 2014, a fim de determinar as seguintes grandezas: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e humidade relativa. De acordo com os inquéritos sobre a perceção da qualidade do ambiente interior, o ritmo metabólico e o nível de vestuário foram definidos, respetivamente, em 1,2 met e 1,1 clo em média para o Outono.

Nas avaliações subjetivas (Tabela 11), realizadas em simultâneo, os inquiridos classificaram a sua sensação conforto térmica como: frio, ligeiramente frio e neutro. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes são dispersas. Esta dispersão pode ser explicada pelo facto de o sujeito que responde ligeiramente frio no dia 7/11/2014 e frio no dia 18/12/2014 possuir um motivo de ordem fisiológica (hipertireoidismo) que pode condicionar a perceção de conforto. Por este motivo, esse sujeito, nas mesmas condições de outros, percebe um ambiente térmico mais frio e conseqüentemente mais desconfortável de que os outros sujeitos inquiridos. Este facto faz com que arraste as respostas para níveis de conforto mais negativos, assim, pode-se

afirmar que as avaliações prestadas pelos ocupantes expressão condições próximas, mas abaixo, dos limites de conforto.

Tabela 11 - Avaliações subjetivas (conforto térmico) outono 2014

	Inquéritos	Respostas
7/11/2014	3	2 (neutros) + 1 (ligeiramente frio)
18/12/2014	2	1 (frio) + 1 (ligeiramente frio)

Como se vê pelas avaliações subjetivas deste período, é necessário obter informação sujeita a menos a variáveis, assim, para uma avaliação objetiva recorre-se à aplicação de um modelo adaptado à natureza deste edifício e à realidade portuguesa. Na Figura 82 está representado o gráfico que relaciona os limites de temperatura operativa interna da receção em função da temperatura exterior média exponencialmente ponderada (dos 7 dias anteriores), segundo o modelo desenvolvido por Matias (2010) para o dia 18 de dezembro de 2014. Para o dia 7 de novembro não é possível aplicar este modelo por falta de dados, pois a monitorização do edifício começou a 7 de novembro de 2014 logo não foram recolhidos dados relativos aos sete dias anteriores. Na aplicação dos resultados ao modelo de conforto adaptativo considerou-se a utilização de um sistema de climatização, apesar de o edifício não possuir um sistema central, foi considerado pelo facto de na receção, os funcionários do museu utilizarem um pequeno aquecedor.

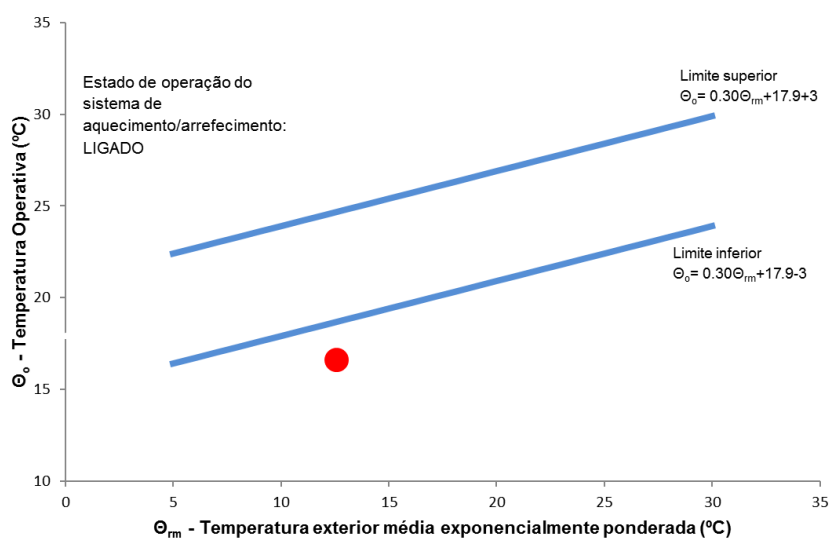


Figura 82 - Gráfico de Conforto Adaptativo 18/12/2014 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

A temperatura média operativa da receção foi de 16,6°C e a temperatura exterior média exponencialmente ponderada, dos sete dias anteriores, foi de 12,6°C. Através da relação entre estas duas grandezas obtém-se a sensação térmica deste compartimento. Na análise do gráfico (Figura 82) verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico desconfortável, ainda que próximo do limite inferior de condições aceitáveis de conforto térmico (a aproximadamente 2°C da temperatura limite, 18.7°C para uma temperatura ponderada exterior de 12.6°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro ou ligeiramente frio verifica-se que uma correlação próxima entre as duas avaliações.

#### 7.2.1.3. Discussão de resultados

Segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2014) o outono 2014 em Portugal Continental foi o 2º mais quente e mais chuvoso desde 2000. A temperatura média foi superior ao valor normal (17.6 °C). Através dos dados obtidos percebe-se que no local de implantação do edifício as temperaturas foram inferiores à média (13,1°C).

Os valores médios da temperatura mínima e máxima do ar também foram superiores aos valores normais, 12.8 °C e 22.5 °C respetivamente (IPMA, 2014). Também para os valores médios os dados obtidos foram inferiores, 9.7 °C para a temperatura mínima e 16.1°C para a máxima.

O valor médio da quantidade de precipitação no outono de 2014 correspondeu a cerca de 180 % do valor normal, classificando-se o outono como chuvoso (IPMA, 2014). A percentagem de humidade relativa no exterior foi muito elevada assim como a sua amplitude, apesar disso, o edifício demonstrou alguma capacidade em manter relativamente constante a percentagem de humidade relativa no seu interior e uma amplitude muito inferior àquela verificado no exterior.

Através da monitorização higrotérmica durante o outono 2014, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 6.4 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 3 e 4.6°C. No que respeita à humidade relativa do

edifício o resultado também foi positivo, já que no interior as oscilações foram menores do que 10%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de cerca de 23%

O edifício mantém sempre a temperatura interior acima da verificada no exterior, com uma amplitude térmica menor. Nas avaliações subjetiva e objetiva, a receção apresenta um ambiente térmico ligeiramente desconfortável. Isto pode dever-se ao facto de nos dias anteriores às avaliações (18 de dezembro de 2014) as temperaturas registadas foram altas para a época e neste dia houve uma queda abrupta da temperatura.

#### 7.2.2. Inverno 2014/15

A medição de inverno de 2014/15 decorreu entre 21 de dezembro de 2014 a 19 de março de 2015. Na Figura 82 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, no interior e exterior do edifício, obtidos no período de medição.

No decorrer deste período de monitorização as temperaturas exteriores rondaram em média os 10°C, com amplitude térmica diária média de aproximadamente 8°C. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 13°C com uma amplitude térmica média a rondar os 5°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 83) e da Tabela 12, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção, tal como no Outono 2014, é o espaço que regista as temperaturas mais altas, e mantém-se como o compartimento com uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante mais tempo, pelos motivos já mencionados. A receção deixou de ser o espaço com maior amplitude térmica diária, talvez pelo facto de, durante o inverno, ao contrário do que acontece nas outras estações do ano, os funcionários do museu manterem a porta encerrada durante mais tempo.
- A sala de jantar é o espaço que regista a temperatura média mais baixa e temperatura média mínima mais baixa, pela área de pavimento ser muito superior às outras salas (o dobro da



receção) e a maior área de envidraçados (quase o dobro dos outros compartimentos) e alguns destes estarem orientados a norte. Este compartimento possui o segundo valor médio mais alto de temperatura máxima, a seguir à receção, pela grande percentagem de envidraçados da fachada orientada a oeste, e consequentemente tem a maior amplitude média.

- A sala rés-do-chão, tal como no outono, é a que apresenta uma menor amplitude térmica, e também à semelhança do outono, a sala escola atinge temperaturas mais elevadas do que a sala rés chão. A sala rés-do-chão é o compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante menos tempo. Estes dois espaços têm comportamentos relativamente semelhantes, comparando os dois compartimentos, o piso 0 apresenta temperaturas ligeiramente inferiores ao piso 1.

Da análise do perfil de temperatura constata-se que, tal como no outono, quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual, e a amplitude térmica interior é inferior à amplitude térmica exterior. Observa-se que a percentagem de tempo em que os compartimentos mantêm uma temperatura superior a 18°C diminuiu muito, agravando a situação registada no outono 2014 em que essas percentagens já eram baixas.

Tabela 12 - Estatísticas temperatura inverno 2014/15

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão*	Sala escola
Temperatura (°C)					
Máximo	19,2	20,7	21,9	19,2	18,9
Média	9,9	13,7	12,5	13,0	13,4
Mínimo	-0,4	6,2	5,2	6,0	5,8
Temperatura média diária (°C)					
Máximo	13,9	17,0	16,6	15,2	15,5
Mínimo	5,8	11,1	10,3	11,0	10,9
Amplitude	8,1	5,9	6,3	4,2	4,6
% do tempo	Acima de 18°C	5%	2%	1%	2%
	Abaixo de 25°C	100%	100%	98%	100%

\*Falta de dados: Sala rés chão - 05/03/2015 00:30 até 07/03/2015 11:30, e por isso a percentagem de abaixo 25°C não é 100%

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 78%. As percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício apresentam alguma diferença entre compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 66%.

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 83) e da Tabela 13, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção, tal como no outono 2014, é o espaço que regista a percentagem mais baixa de humidade relativa, é o compartimento que se mantém durante mais tempo no intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa), e é o espaço com maior amplitude média diária (11%), pelos motivos referidos anteriormente.

- A sala de jantar é o espaço que regista a média mais alta de percentagem de humidade relativa e a média da percentagem de humidade relativa máxima mais alta, o que não acontecia no outono 2014. Tal como no outono 2014, é o compartimento que se mantém menos tempo dentro do intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa), mas com um aumento significativo de tempo dentro dos parâmetros desejados.

- A sala rés-do-chão e sala escola têm comportamento idêntico na percentagem de tempo entre os 50% e 70% de humidade relativa, na percentagem média e na média da percentagem máxima de humidade relativa. Apesar disso, há uma diferença grande no desempenho entre a sala rés-do-chão e a sala escola que só pode ser explicada pelo facto de o piso ser diferente. A sala rés-do-chão, tal como relativamente à temperatura, é a que apresenta menor amplitude média diária, um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior e quase metade do valor da sala escola. A oscilação da percentagem de humidade relativa é maior na sala escola, atingindo valores mais baixos neste compartimento em relação à sala rés-do-chão.

Verifica-se novamente uma grande amplitude e oscilação de valores relativos à humidade relativa. Tal como no outono 2014, a humidade no exterior apresenta sempre valores elevados, enquanto no interior do edifício este parâmetro vai se mantendo sem grandes variações ao longo do período de monitorização.

Tabela 13 - Estatísticas humidade relativa inverno 2014/15

Place/room	Outdoor	Reception	Dining Room	Ground Floor Room	School Room
Relative Humidity (%)					
Maximum	94,7	80,0	74,0	78,0	81,0
Mean	78,0	63,3	68,3	66,7	66,4
Minimum	25,7	37,0	53,0	53,0	46,0
Daily Mean Relative Humidity (%)					
Maximum	90,4	68,3	70,3	69,1	69,6
Minimum	59,0	57,3	64,0	64,2	61,1
Amplitude	31,4	11,0	6,3	4,9	8,5
% of time	Between 50-70%	85%	56%	70%	69%

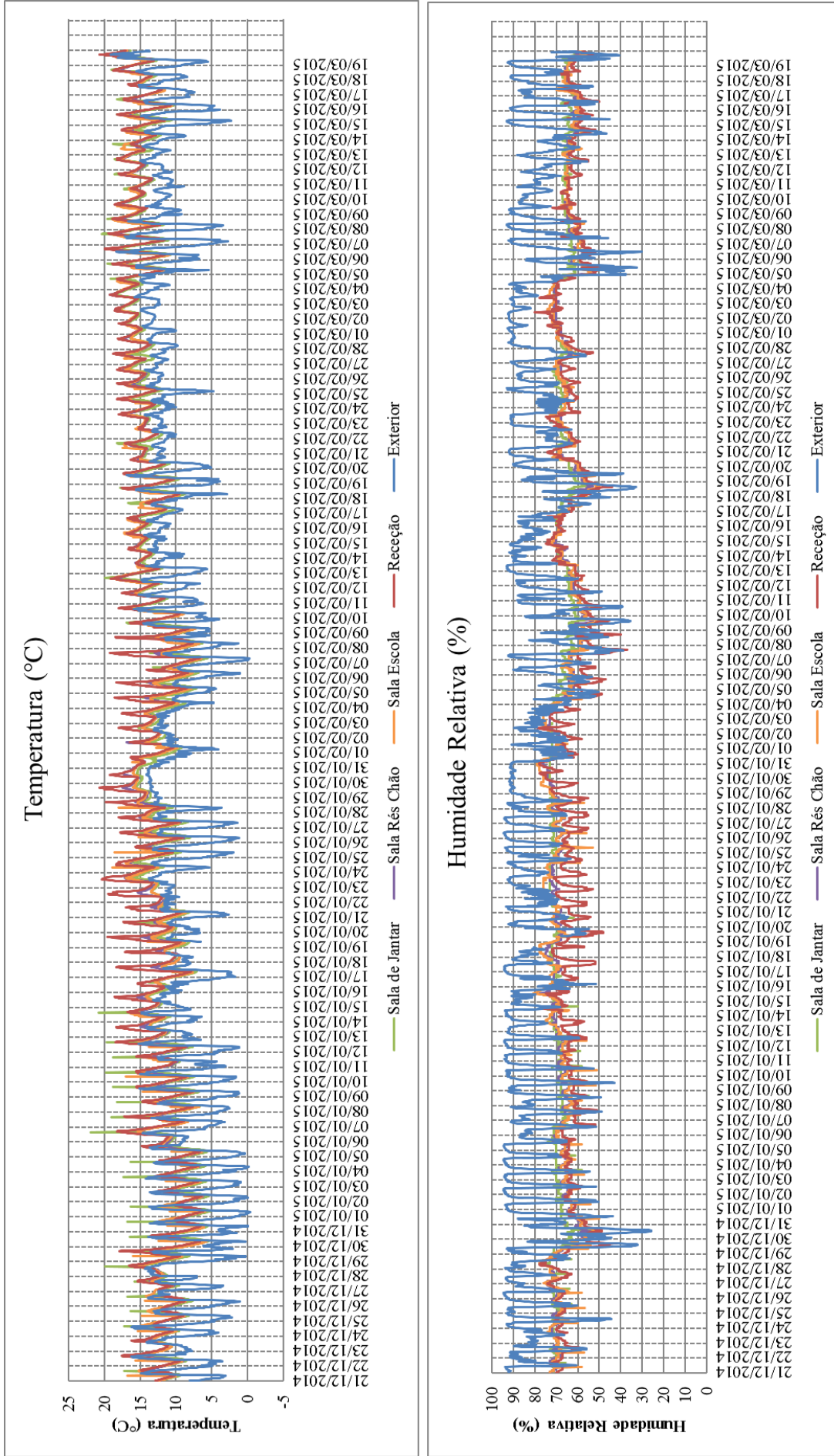


Figura 83 - Gráficos dos perfis de temperatura e humidade relativa da monitorização do Inverno 2014/2015

### 7.2.2.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

Das duas avaliações subjetivas realizadas no inverno 2014/15, uma não estava preenchida no capítulo relativo à sensação de desconforto global do inquérito. Assim, não são dados suficientes para uma análise. Apesar disto, o inquirido classificou a receção como muito desconfortável (Figura 84). Os parâmetros apontados como causas para o desconforto estão relacionados com a qualidade do ar, um desconforto provocado por algum odor e pelo ar poluído. Por outro lado, o nível de ruído e a iluminação não causam qualquer transtorno.

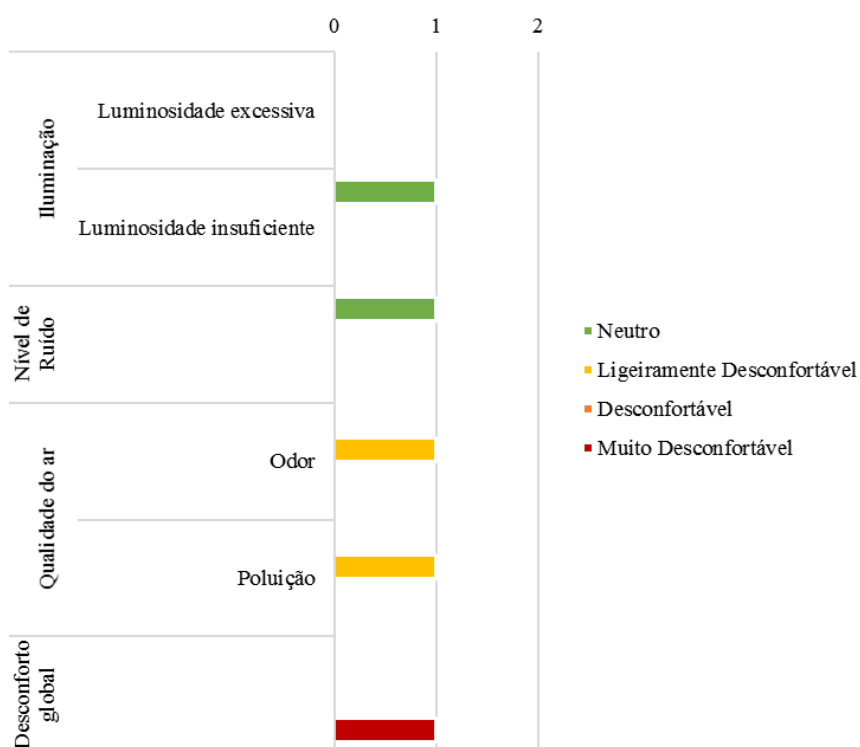


Figura 84 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global inverno 2014/15\*

\*Um inquérito em branco.

### 7.2.2.2. Avaliação objetiva das condições de conforto

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação microclimática no dia 9 de fevereiro de 2015. De acordo com os inquéritos sobre a perceção da qualidade do ambiente interior, o ritmo metabólico e o nível de vestuário foram definidos, respetivamente, em 1.3 met e 1.2 clo em média para o inverno.

Nas avaliações subjetivas realizadas em simultâneo (duas), os inquiridos classificaram a sensação de conforto térmico como: neutro e muito frio. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições de conforto muito díspares, embora o sujeito que responde muito frio possui um motivo de ordem fisiológica que pode condicionar a perceção de conforto (hipertiroidismo).

Na Figura 85 está representado o gráfico que relaciona os limites de temperatura operativa interna da receção em função da temperatura exterior média (dos 7 dias anteriores) exponencialmente ponderada para o dia 9 de fevereiro de 2015. Tal como no outono considerou-se que o sistema de climatização (aquecedores elétricos) se encontrava ligado.

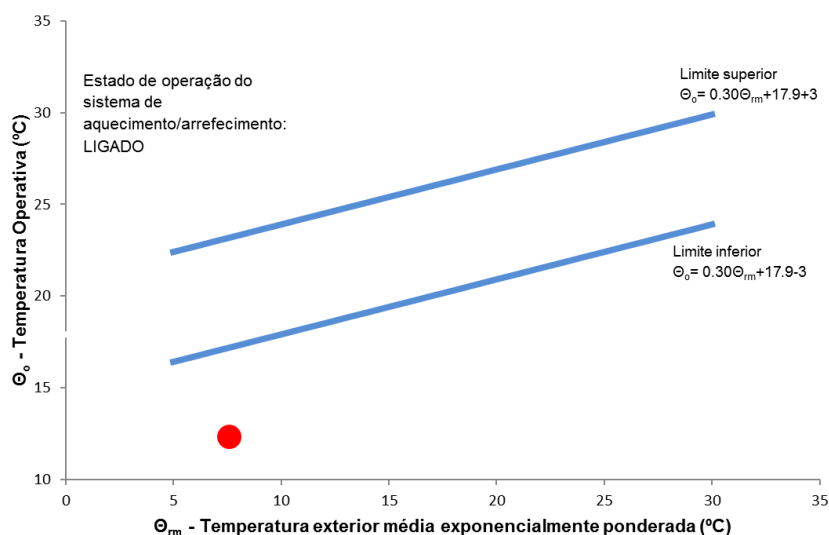


Figura 85 - Gráfico Conforto Adaptativo 09/02/2015 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

A temperatura média operativa da receção foi de 12.3°C e a temperatura exterior média exponencialmente ponderada, dos sete dias anteriores, foi de 7.6°C. Através da relação entre estas duas grandezas obtém-se a sensação térmica deste compartimento. Na análise do gráfico (Figura 85) verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico desconfortável (a aproximadamente 5°C da temperatura limite, 17.2°C para uma temperatura ponderada exterior de 7.6°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro ou muito frio pode-se dizer que esta avaliação se aproxima do lado mais negativo das avaliações subjetivas. Esta discrepância nas avaliações subjetivas pode dever-se ao facto do sujeito que respondeu muito frio sofrer de um motivo de ordem fisiológica

que pode condicionar a sua perceção de conforto como referido anteriormente, e estar a realizar atividade de escritório e/ou o sujeito que respondeu neutro podia estar mais próximo de uma fonte de calor, estar de pé em atividade ligeira e estar mais agasalhado.

#### 7.2.2.3. Discussão de resultados

Segundo dados do IPMA (2015) o inverno 2014/15 em Portugal Continental foi frio e muito seco, com uma temperatura média (8.5°C) inferior ao normal. A média dos dados exteriores recolhidos foi ligeiramente superior (9.9°C). Os valores médios da temperatura máxima e mínima do ar também foram inferiores aos valores normais (13.5°C e 3.6°C respetivamente) (IPMA, 2015a). À semelhança da temperatura média, as temperaturas mínimas e máximas foram superiores à média nacional, 5.8°C (0.4°C superior ao valor médio da temperatura mínima para o inverno) e 13.9°C (valor médio de temperatura máxima para o inverno) respetivamente.

O valor médio da quantidade de precipitação no trimestre dezembro-fevereiro foi inferior ao valor médio correspondendo a cerca de 42 % do valor normal (IPMA, 2015a). Do outono para o inverno a percentagem média de humidade relativa decresceu aproximadamente 9%. No interior do edifício, a variação foi menor, cerca de metade, pois apesar de ter sido uma estação menos chuvosa, o ambiente continua a ser marítimo. Apesar disso, a amplitude média da humidade relativa no inverno foi superior àquela que foi registada no outono. No interior do edifício, a amplitude média da humidade relativa é muito inferior à do exterior, o que demonstra as capacidades da madeira como reguladora da humidade.

Através da monitorização higrotérmica durante o inverno 2014/15, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 8.1 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 4.2 e 6.3°C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado foi mais positivo, já que no interior as oscilações, com exceção da receção, foram menores do que 10%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de 31.4%.

No país tratou-se de um inverno frio, na região do edifício pode-se dizer que foi um inverno moderado, apesar disso, segundo a avaliação objetiva, o conforto térmico no interior não foi

atingido, ficando longe do limite inferior. Este resultado demonstra a fragilidade das condições que este tipo de edifícios consegue apresentar nos períodos mais rigorosos de inverno, não conseguindo atingir as condições mínimas de conforto.

### 7.2.3. Primavera 2015

A medição de primavera decorreu entre 20 de março a 20 de junho de 2015. Na Figura 86 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, no interior e exterior do edifício, obtidos no período de medição.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as temperaturas exteriores rondaram em média os 16°C, com uma amplitude térmica de 8°C. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 19°C com uma amplitude térmica de aproximadamente 4°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 86) e da Tabela 14, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção, a partir da primavera, apresenta um comportamento semelhante à sala de jantar, pois deixa de ser alvo de climatização. Assim, deixa de ser o compartimento que apresenta as temperaturas mais altas.
- A sala de jantar é o espaço que regista as temperaturas mais baixas, e é também o compartimento que mantém durante menos tempo uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C. À semelhança das outras estações, devido aos motivos referidos anteriormente, a sala de jantar, além das temperaturas mais baixas regista a maior temperatura média máxima e consequentemente a maior amplitude.
- A sala escola é o espaço que regista as temperaturas média e mínima mais altas sendo também o compartimento com uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante mais tempo. A sala rés-do-chão apresenta uma temperatura média igual à sala de jantar, a mais baixa, e regista a menor amplitude térmica. À semelhança do outono e inverno, a sala escola (piso 1) atinge temperaturas mais elevadas e regista uma maior amplitude do que a sala rés-do-chão (piso 0).



Tal como nas análises do outono e inverno quando se analisa o perfil de temperatura observa-se que quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual. A percentagem de tempo em que os compartimentos mantêm uma temperatura superior a 18°C já é bastante alta, como era de esperar pois as temperaturas já são mais amenas na primavera., e pela primeira vez registam-se com alguma frequência temperaturas interiores acima dos 25°C

Tabela 14 - Estatísticas temperatura primavera 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
	Temperatura (°C)				
Máximo	32,4	28,0	28,6	27,6	29,8
Média	15,9	19,3	19,2	19,2	19,8
Mínimo	4,6	11,5	10,6	11,6	11,5
	Temperatura média diária (°C)				
Máximo	20,0	22,0	22,1	20,8	21,6
Mínimo	12,0	17,3	17,0	17,4	17,7
Amplitude	8,0	4,7	5,0	3,5	3,9
% do tempo	Acima de 18°C	71%	68%	70%	74%
	Abaixo de 25°C	98%	97%	96%	92%

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 74%. As percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício apresentam alguma diferença entre compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 63%.

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 86) e da Tabela 15, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção continua a ser o espaço que regista percentagem mais baixa de humidade relativa e a maior amplitude média diária.
- A sala de jantar é o espaço que regista a média mais alta de percentagem de humidade relativa e a menor amplitude média diária, um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior. É o compartimento que se mantém durante mais tempo no intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa), um valor bastante elevado tendo em conta as percentagens de humidade relativa que se registam no exterior.

- A sala escola é o compartimento que se mantém menos tempo dentro do intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa), mesmo assim um valor elevado tendo em conta o ambiente húmido. Existe uma diferença grande de comportamento entre a sala rés-do-chão e a sala escola, o desempenho da sala rés-do-chão (piso 0) aproxima-se mais da sala de jantar (piso 1) do que da sala escola (piso 1). A sala escola regista a média da percentagem de humidade relativa máxima mais baixa.

Verifica-se novamente uma grande amplitude e oscilação de valores relativos à humidade relativa no exterior. No interior o edifício consegue manter a percentagem de humidade relativa entre os 50 e 70% quase a totalidade do tempo de monitorização.

Tabela 15 - Estatísticas humidade relativa primavera 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Humidade Relativa (%)					
Máximo	92,2	80,0	73,0	75,0	79,0
Média	74,4	62,0	64,5	64,0	62,8
Mínimo	18,6	34,0	50,0	37,0	44,0
Humidade Relativa media diária (%)					
Máximo	88,5	67,2	67,0	66,6	65,5
Mínimo	55,4	56,7	61,7	61,3	59,2
Amplitude	33,1	10,5	5,3	5,3	6,2
% do tempo	Entre 50-70%	91%	95%	93%	88%

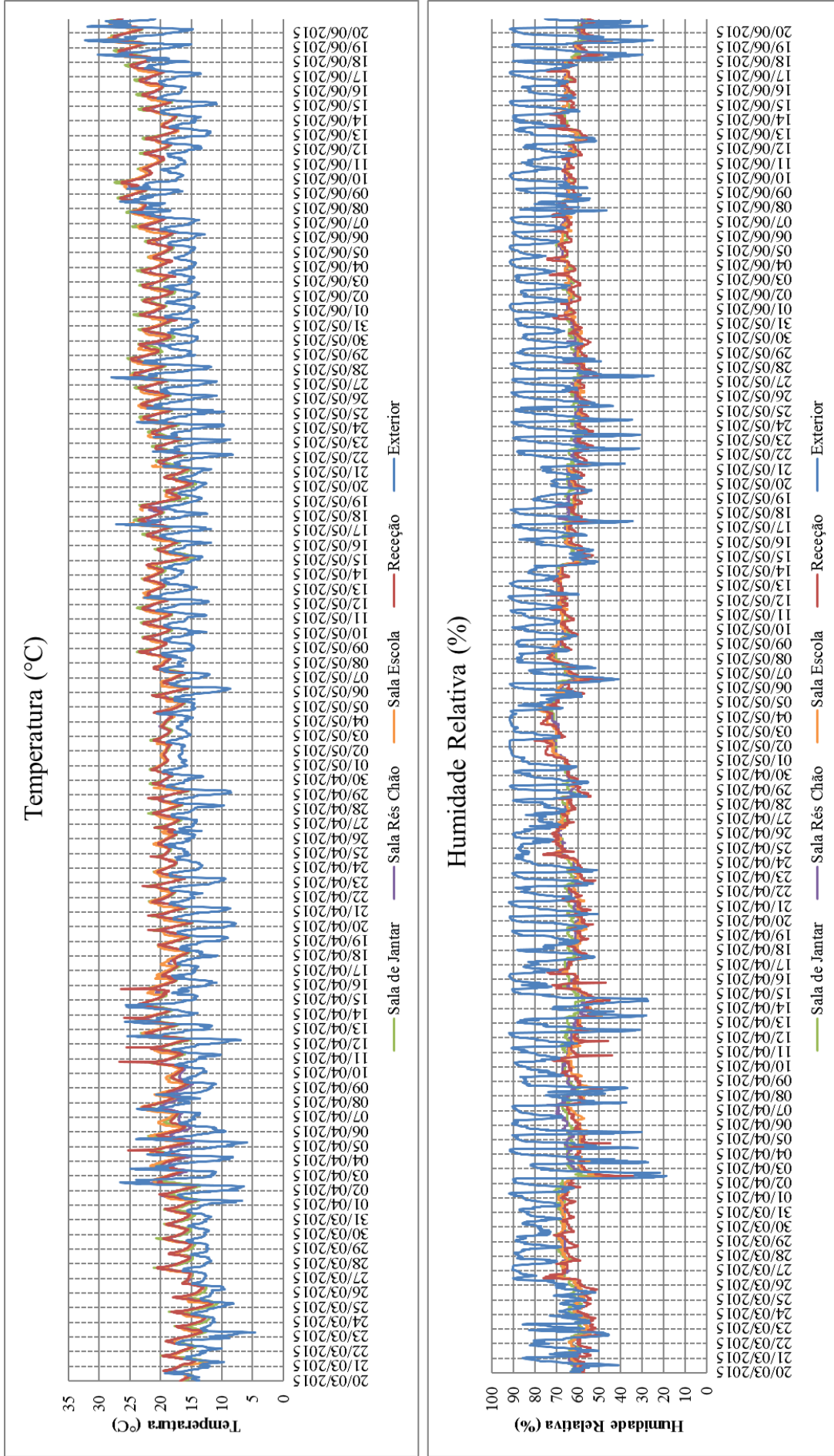


Figura 86 - Gráficos dos perfis de temperatura e humidade relativa da monitorização da Primavera

### 7.2.3.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

Nas avaliações subjetivas realizadas na primavera na receção (Figura 87), verifica-se que as classificações de desconforto global variam entre neutro e desconfortável. Os parâmetros que os visados mais apontam como causas para o desconforto estão relacionados com a qualidade do ar, os inquiridos sentem-se ligeiramente desconfortáveis com o nível de poluição do ar do compartimento. Uma parte dos questionários aponta também para um desconforto provocado por algum odor do ar e pelo nível de ruído. Por outro lado, a luminosidade do compartimento não causa qualquer transtorno. Em suma, os visados classificam a receção como confortável (sensação de desconforto neutra) no período da primavera, apesar de uma grande parte dos inquiridos considerar a receção como ligeiramente desconfortável ou desconfortável.

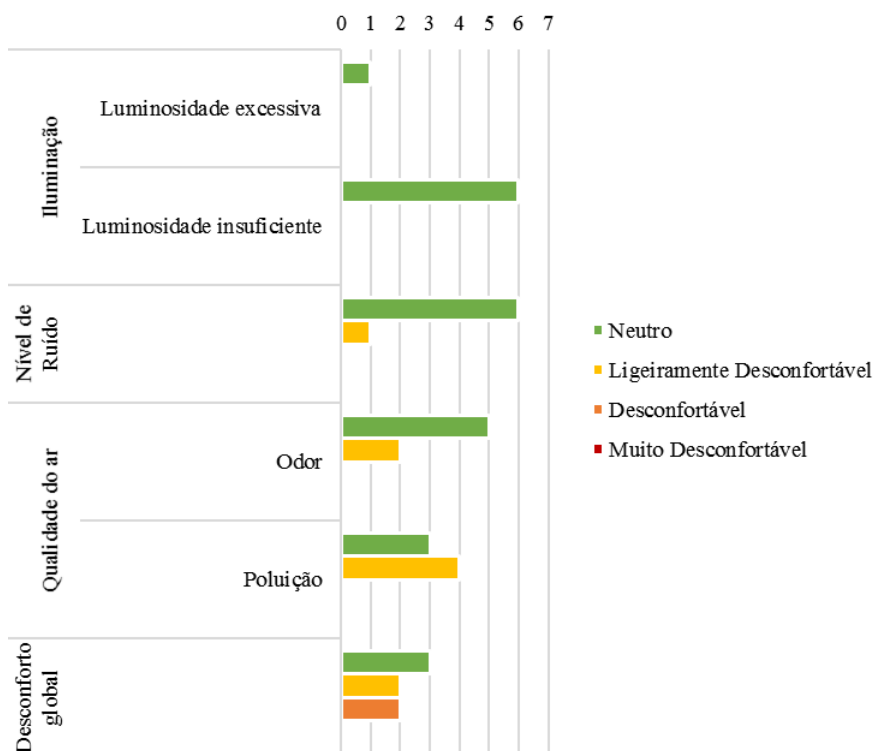


Figura 87 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global primavera

### 7.2.3.2. Avaliação objetiva das condições de conforto térmico

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação microclimática nos dias 11 de abril e 11 de maio de 2015. De acordo com os inquéritos sobre a perceção da qualidade do ambiente interior, o ritmo metabólico e o nível de vestuário foram definidos, respetivamente, em 1,3 met e 0,8 clo em média para a primavera.

Nas avaliações subjetivas realizadas em simultâneo (três), os inquiridos classificaram a sensação de conforto térmico como: neutro (dois) e frio (um). Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições de conforto não muito próximas, embora o sujeito que responde frio possui um motivo de ordem fisiológica que pode condicionar a perceção de conforto (tiroide).

Na Figura 88 está representado o gráfico que relaciona os limites de temperatura operativa interna da receção em função da temperatura exterior média (dos 7 dias anteriores) exponencialmente ponderada para o dia 11 de abril de 2015. Ao contrário do outono e do inverno, consideram-se os sistemas de climatização desativados. A temperatura média operativa da receção de 11 de abril de 2015 foi de 18°C e a temperatura exterior média exponencialmente ponderada, dos sete dias anteriores, foi de 14.7°C. Através da relação entre estas duas grandezas obtém-se a sensação térmica deste compartimento.

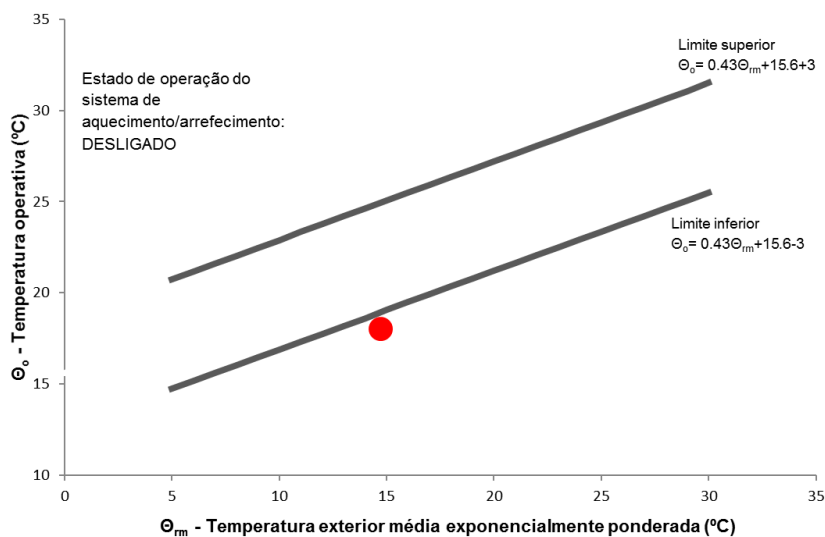


Figura 88 - Gráfico Conforto Adaptativo 11/04/2015 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

Na análise do gráfico (Figura 88) verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico desconfortável, ainda que muito próximo do limite inferior de condições aceitáveis de conforto térmico (a aproximadamente 1°C da temperatura limite, 19.3°C para uma temperatura ponderada exterior de 14.7°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro ou frio verifica-se que uma correlação próxima entre as duas avaliações.

Na monitorização de 11 de maio de 2015 a estação não recolheu a temperatura ambiente ( $T_a$ ) devido a um problema com o sensor bolbo seco, facto que se manteve nas monitorizações posteriores a esta data. Mesmo assim é possível aplicar o modelo desenvolvido por Matias (2010), calculando a temperatura resultante através da Equação (3) que se torna na temperatura operativa. Utilizou-se a temperatura do ar do *datalogger* como temperatura ambiente para estimar a temperatura operativa.

A temperatura resultante ( $T_r$ ) foi calculada através da Equação (3), em função da velocidade do ar ( $c$ ), temperatura ambiente ( $T_a$ ) e temperatura do bolbo negro ( $T_{bn}$ )

$$T_r = T_{bn} + 2,27\sqrt{c} \times (T_{bn} - T_a) \quad (3)$$

Na realização da avaliação objetiva da receção de 11 de maio de 2015, o cálculo da temperatura operativa média e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi respetivamente de 22.3°C e de 16.4°C. O gráfico apresentado na Figura 89 representa a relação entre as duas grandezas mencionadas e a temperatura de conforto do compartimento resultante. Nas avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os visados (quatro) classificaram a sensação de conforto térmico como neutro (três) e ligeiramente frio (um). Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições aceitáveis de conforto.

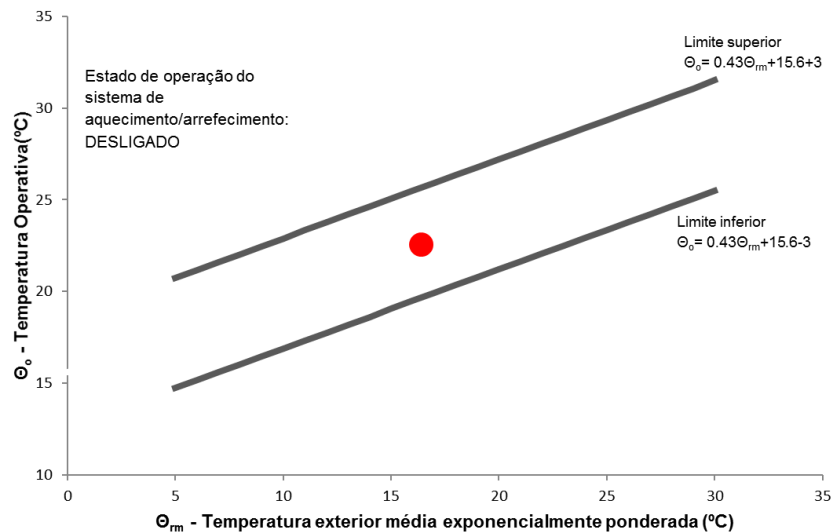


Figura 89 - Gráfico Conforto Adaptativo 11/05/2015 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

Na análise do gráfico (Figura 89) verifica-se que a sensação térmica se situa dentro dos limites de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico confortável (a 0.5°C da temperatura ideal de conforto 22.8°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro verifica-se as duas avaliações revelam o mesmo resultado.

#### 7.2.3.3. Discussão de resultados

Segundo dados do IPMA (2015c) a primavera de 2015 em Portugal Continental foi muito quente e muito seca, a média da temperatura média do ar (15.3°C) foi superior ao normal. A temperatura média dos dados obtidos foi próxima da média nacional (15.9°C). O valor médio da temperatura máxima (21.5 °C) do ar foi muito superior ao normal, o valor médio da temperatura mínima (9.1 °C) do ar também foi superior ao normal (IPMA, 2015c). As medições demonstram uma menor amplitude, o valor médio da temperatura máxima foi 20°C e da temperatura mínima 12°C.

O valor médio da quantidade de precipitação na primavera 2015 foi muito inferior ao valor médio, correspondendo a cerca de 56 % do valor normal (IPMA, 2015c). Os valores médios da percentagem de humidade relativa máxima, mínima e média da primavera foram inferiores relativamente ao inverno, mas a amplitude média foi ligeiramente superior, mesmo assim no interior do edifício o comportamento relativo à humidade relativa e à sua amplitude melhorou ligeiramente.

Através da monitorização higrotérmica durante a primavera 2015, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 8 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 3.5 e 5°C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado foi ainda mais positivo, já que no interior as oscilações, com exceção da receção, foram menores do que 10%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de 33.1%. O desempenho nos dois parâmetros foi superior ao do inverno. Nas avaliações objetivas da primavera, ambiente térmico classificou-se como próximo do limite (11 de abril) da zona de conforto térmico e confortável (11 de maio).

#### 7.2.4. Verão 2015

A medição de verão decorreu entre 21 junho a 22 setembro de 2015. Na Figura 90 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, no interior e exterior do edifício, obtidos no período de medição.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as temperaturas exteriores rondaram em média os 19°C, com uma amplitude térmica média de 6.6°C. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 22°C com uma amplitude térmica média a rondar os 4°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 90) e da Tabela 16, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção é espaço que regista as temperaturas mais baixas, ao contrário da estação de aquecimento, isto pode ser explicado pela ventilação maior do espaço, através da porta aberta durante a estação de arrefecimento. É o compartimento que mantém uma temperatura ambiente entre 18°C e 25 °C durante mais tempo, estando sempre acima dos 18°C.
- A sala de jantar, tal como na primavera, é o espaço com maior amplitude térmica, e maior temperatura média máxima. Tal como na primavera, o comportamento da sala de jantar e da receção é semelhante.
- A sala escola é o espaço que regista a temperatura média mais alta e o compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou inferior a 25 °C durante menos tempo. A sala rés-do-chão, tal como na primavera, é o espaço que apresenta uma menor amplitude térmica. Também à semelhança das estações anteriores, a sala escola (piso 1) atinge temperaturas mais elevadas do que a sala rés chão (piso 0).

A percentagem de tempo em que os compartimentos mantêm uma temperatura superior a 18°C já é próxima dos 100%, como era de esperar pois as temperaturas já são mais altas o verão. Nesta estação passa a ser mais relevante a percentagem do tempo que o edifício mantém uma temperatura ambiente do ar abaixo dos 25 °C, percentagem essa que se revela bastante satisfatória.



Tabela 16 - Estatísticas temperatura verão 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão*	Sala escola*
Temperatura (°C)					
Máximo	27,3	29,0	28,2	26,8	27,5
Média	18,8	22,4	22,5	22,6	23,0
Mínimo	10,0	17,2	16,6	17,5	17,6
Temperatura média diária (°C)					
Máximo	22,1	25,1	25,2	22,6	23,9
Mínimo	15,5	20,6	20,6	19,6	20,6
Amplitude	6,6	4,4	4,7	3,0	3,3
% do tempo	Acima de 18°C	100%	99%	92%	91%
	Abaixo de 25°C	92%	87%	86%	81%

\*resultados afetados por alguns períodos com falta de dados.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 79%. As percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 66%.

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 90) e da Tabela 17, dos vários compartimentos, verifica-se que:

-A receção é o espaço que apresenta a maior oscilação da percentagem de humidade relativa, e por isso é o compartimento com maior amplitude média diária.

-A sala de jantar é o espaço que regista a média mais alta de percentagem de humidade relativa. A sala de jantar é o compartimento que se mantém durante mais tempo no intervalo desejado (93% do tempo entre os 50% e 70% de humidade relativa).

- A sala rés-do-chão é a que apresenta menor amplitude média diária (4%), um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior. A sala escola é o compartimento que se mantém menos tempo dentro do intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa). Ao contrário do que acontece relativamente à temperatura e nas estações anteriores, há uma aproximação entre a sala rés chão e a sala escola.

Verifica-se novamente uma grande oscilação de valores relativos à humidade relativa, a amplitude continua elevada, mas menor do que nas restantes estações do ano. Com exceção da amplitude da receção, os espaços monitorizados apresentam um comportamento semelhante, os valores médios de percentagem de humidade relativa são muito contantes entre compartimentos, a diferença entre o maior e menor valor é de 0.5%.

Tabela 17 - Estatísticas humidade relativa verão 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Humidade Relativa (%)					
Máximo	92,6	81,0	71,0	75,0	77,0
Média	79,4	65,9	66,1	66,3	65,8
Mínimo	37,1	55,0	57,0	58,0	55,0
Humidade Relativa media diária (%)					
Máximo	89,5	71,1	68,3	64,3	65,6
Mínimo	64,2	61,0	63,9	60,2	61,5
Amplitude	25,3	10,1	4,4	4,0	4,1
% do tempo	Entre 50-70%	84%	93%	85%	83%

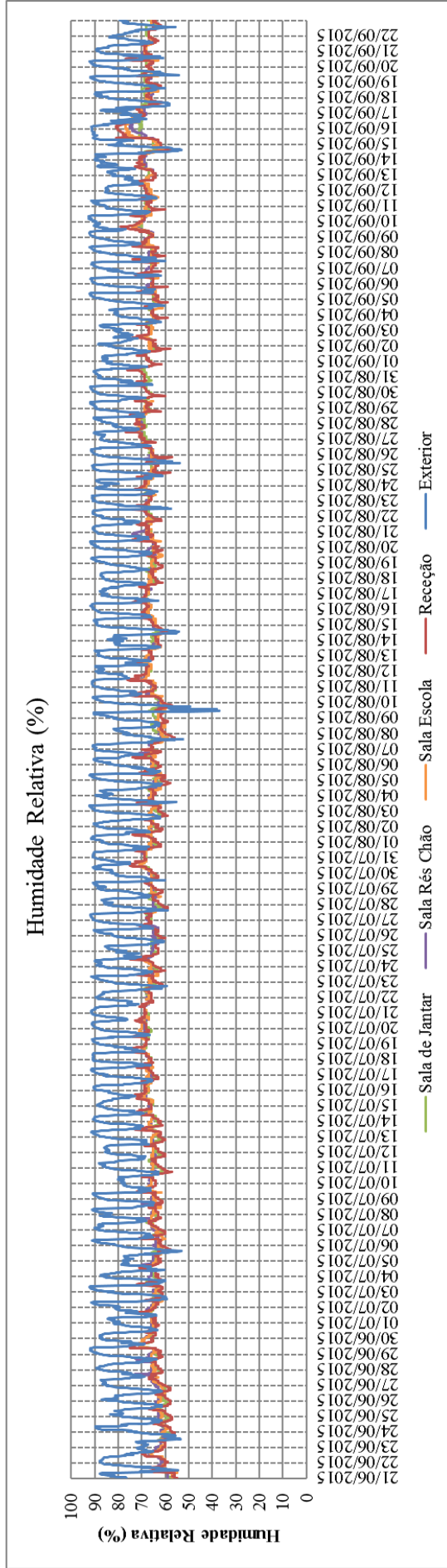
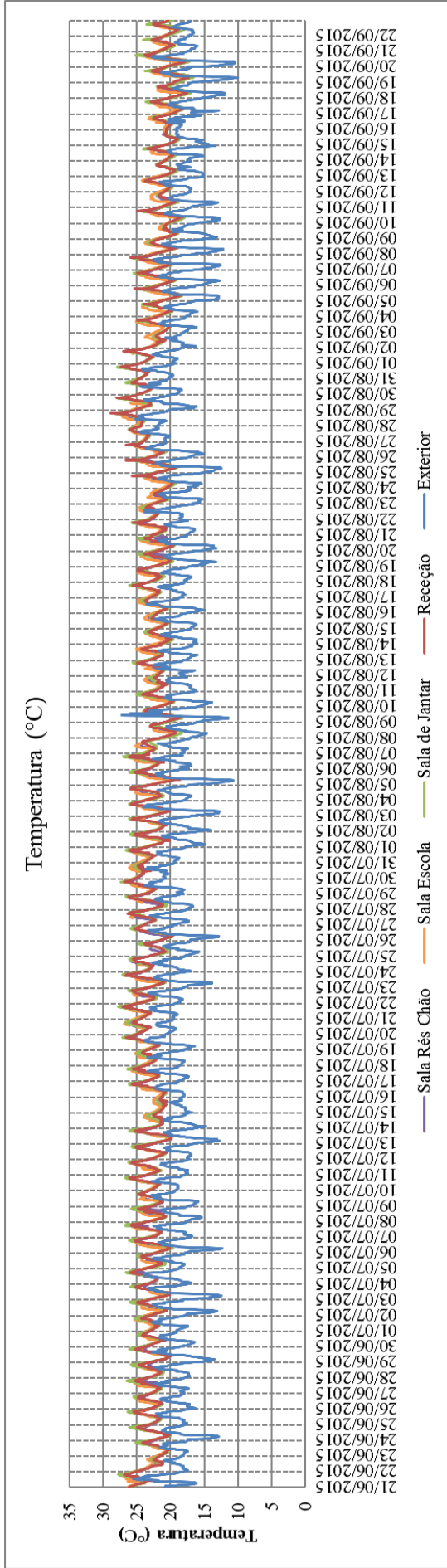


Figura 90 - Gráficos dos perfis de temperatura e humidade relativa da monitorização do Verão

#### 7.2.4.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

Nas avaliações subjetivas realizadas no verão na receção (Figura 91), verifica-se que as classificações de desconforto global variam entre neutro e ligeiramente desconfortável. Os parâmetros que os visados mais apontam como causas para o desconforto estão relacionados com a qualidade do ar, os inquiridos sentem-se ligeiramente desconfortáveis com o nível de poluição e odor do ar do compartimento. Uma parte dos questionários aponta também para um desconforto provocado luminosidade excessiva e o nível de ruído na receção. Em suma, no período do verão, as classificações da receção por parte dos inquiridos dividem-se entre confortável (sensação de desconforto neutra) e ligeiramente desconfortável.

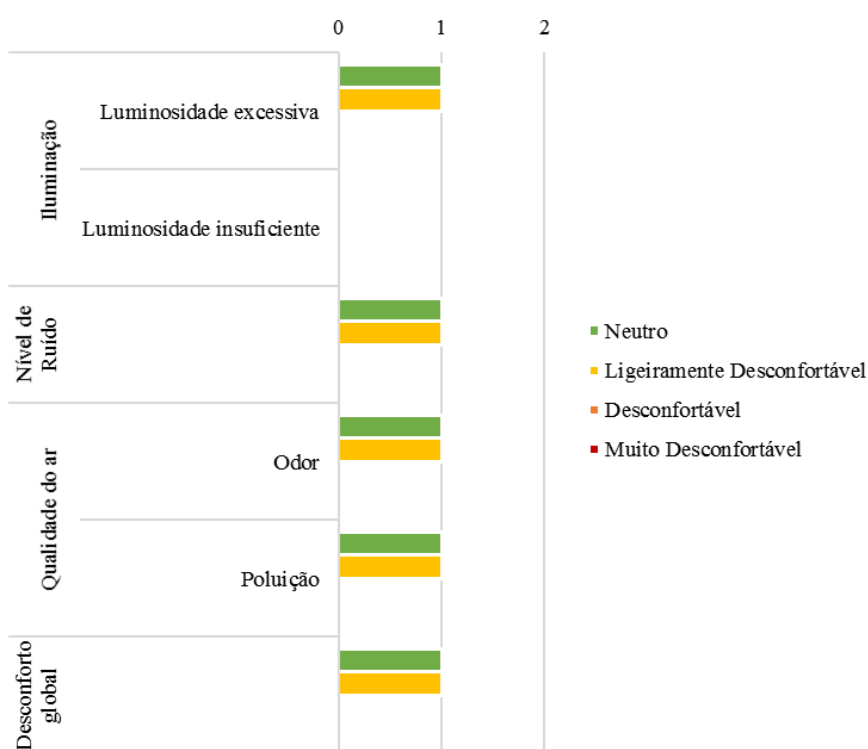


Figura 91 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global verão

#### 7.2.4.2. Avaliação objetiva das condições de conforto

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação microclimática no dia 12 julho de 2015. De acordo com os inquéritos sobre a perceção da qualidade do ambiente interior, o ritmo metabólico e o nível de vestuário foram definidos, respetivamente, em 1,2 met e 0,5 clo em média para o verão.

Na realização da avaliação objetiva da receção, o cálculo da temperatura operativa média e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi respetivamente de 24.4°C e de 19.2°C. O gráfico apresentado na Figura 92 representa a relação entre as duas grandezas mencionadas e a temperatura de conforto do compartimento resultante. Nas avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os visados (dois) classificaram a sensação de conforto térmico como neutro. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições aceitáveis de conforto.

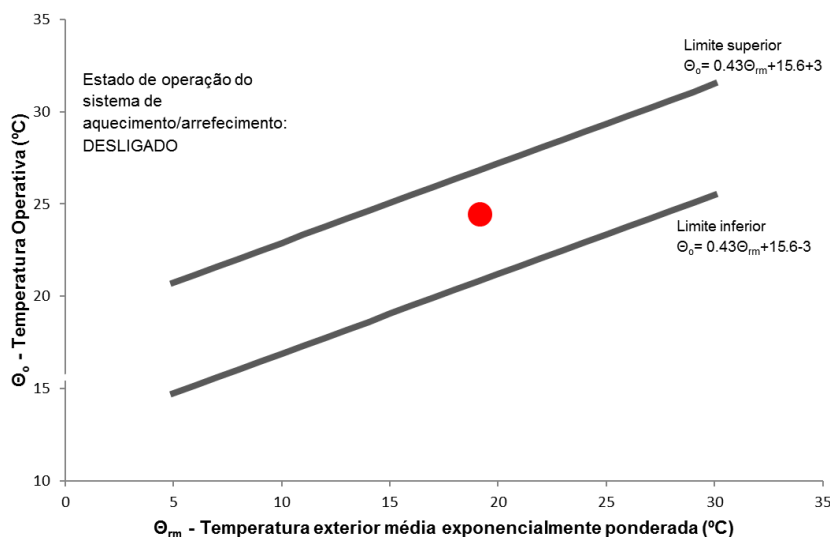


Figura 92 - Gráfico Conforto Adaptativo 12/07/2015 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

Na análise do gráfico (Figura 92) verifica-se que a sensação térmica se situa dentro do limite de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico confortável (a 0.7°C da temperatura ideal de conforto 23.7°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro verifica-se o mesmo resultado nas duas avaliações.

#### 7.2.4.3. Discussão de resultados

Segundo dados do IPMA (2015d) o verão 2015 em Portugal Continental foi caracterizado por valores da temperatura média do ar superiores ao valor normal e valores da quantidade de precipitação muito inferiores, classificando-se o verão como muito quente e muito seco. O valor médio da temperatura máxima do ar (29.56°C) e o valor médio da temperatura mínima (15.35°C) foram superiores ao normal (IPMA, 2015d). A média das temperaturas mínimas

registadas (15.5°C) é próxima da média nacional, já a média das temperaturas máximas registadas (22.1°C) é bastante inferior à média nacional.

Os valores da quantidade de precipitação ocorridos no verão 2015 correspondem a cerca de 50% do valor médio (IPMA, 2015d). Por se tratar de um ambiente marítimo, o facto de ter sido um verão seco não foi muito notado nos dados registados, a amplitude da percentagem de humidade relativa manteve-se na ordem das outras estações. E tal como nas outras estações, no interior do edifício essa amplitude foi muito menor que no exterior.

Através da monitorização higrotérmica durante o verão 2015, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 6.6 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 3 e 4.7°C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado também foi positivo, já que no interior as oscilações, com exceção da receção, foram menores do que 10%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de 25.3%. Na avaliação objetiva do verão, ambiente térmico classificou-se como confortável.

#### 7.2.5. Outono 2015

A medição de outono de 2015 decorreu entre 23 de setembro a 21 de dezembro de 2015. Na Figura 93 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, interior e exterior, obtidos no período compreendido.

Durante este período verifica-se que as temperaturas exteriores rondaram em média os 15°C (um aumento de 2°C em relação à média do Outono 2014), com uma amplitude térmica de 8°C. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 18°C (um incremento de 3°C relativamente ao Outono 2014) com uma amplitude térmica a rondar os 4°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 93) e da Tabela 18, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção mantém-se como o compartimento com uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante mais tempo, mas deixa de ser o espaço que regista as temperaturas mais altas. O outono 2015 apresenta uma maior oscilação de temperaturas e temperaturas mais altas do que o outono 2014 e talvez por isso a climatização da receção não foi tão acentuada.

- A sala de jantar continua a ser o espaço que regista as temperaturas mais baixas, com exceção de alguns picos de temperatura que já foram explicados anteriormente. Tal como no outono 2014, a sala de jantar é o espaço com maior amplitude térmica e é compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante menos tempo, apesar do valor ter aumentado significativamente em relação ao outono 2014.

- A sala escola ao contrário do outono 2014 e tal como no verão, é o espaço que regista as temperaturas mais altas. A sala rés-do-chão é a que apresenta uma menor amplitude térmica, e também à semelhança das estações anteriores, a sala escola (piso 1) atinge temperaturas mais elevadas do que a sala rés-do-chão (piso 0). A sala rés-do-chão equivale-se à receção no tempo com a temperatura ambiente igual ou superior a 18°C, e a sala escola aproxima-se também deste nível. Estes dois espaços apresentam um comportamento semelhante.

Tal como nas estações anteriores, quando se analisa o perfil de temperatura observa-se que quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual. Ao contrário do Outono 2014, os compartimentos analisados mantêm os parâmetros desejados a rondar os 50% do tempo, registando um aumento significativo.

Tabela 18 - Estatísticas temperatura outono 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Temperatura (°C)					
Máximo	25,8	24,4	25,4	24,3	25,6
Média	15,2	18,1	17,6	18,0	18,3
Mínimo	2,0	8,8	8,1	9,0	8,8
Temperatura média diária (°C)					
Máximo	19,6	20,2	20,5	19,6	19,7
Mínimo	11,6	16,1	15,7	16,2	16,0
Amplitude	8,0	4,1	4,8	3,4	3,7
% do tempo	Acima de 18°C	56%	49%	55%	52%
	Abaixo de 25°C	100%	99,95%	100%	88%

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 80% (uma diminuição de 7% em relação ao outono 2014). As percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 70% (uma diminuição de 2% em relação ao outono 2014).

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 93) e da Tabela 19, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção continua a ser o espaço com maior amplitude média diária, sendo que este valor desce em relação à primavera e ao verão, pelo facto de a porta estar mais tempo fechada. Apresenta o maior valor médio da percentagem máxima de humidade relativa e a percentagem média de humidade relativa. A receção e a sala de jantar têm comportamento idêntico no tempo que mantêm a humidade relativa entre os 50% e 70% de humidade relativa.
- A sala de jantar regista uma percentagem média de humidade relativa semelhante à receção, sendo a segunda mais alta, e apresenta a menor amplitude média diária, um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior.
- A sala rés-do-chão, ao contrário do Outono 2014, é o espaço que regista percentagem mais baixa de humidade relativa e o compartimento que mantém a percentagem de humidade relativa entre os 50 e 70% durante menos tempo. Existe uma diferença de comportamento entre a sala rés-do-chão e a sala escola, a sala escola (piso 1) desce a valores mais baixos de percentagem de humidade relativa e por isso tem maior amplitude média neste parâmetro.

Verifica-se novamente uma grande amplitude e oscilação de valores relativos à humidade relativa, mas com um ligeiro decréscimo destes em relação ao ano anterior, quer em termos de média como nos valores máximos e mínimos. Os valores médios da percentagem de humidade relativa são relativamente constantes entre compartimentos, com apenas 0.5% de diferença entre o maior e menor.



Tabela 19 - Estatísticas humidade relativa outono 2015

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Humidade Relativa (%)					
Máximo	93,6	80,0	72,0	76,0	81,0
Média	79,8	68,9	68,8	68,5	68,4
Mínimo	32,0	50,0	57,0	53,0	51,0
Humidade Relativa media diária (%)					
Máximo	89,9	73,2	70,2	70,7	70,3
Mínimo	61,2	65,2	66,3	66,3	63,4
Amplitude	28,7	8,0	3,9	4,4	6,9
% do tempo	Entre 50-70%	53%	51%	59%	42%

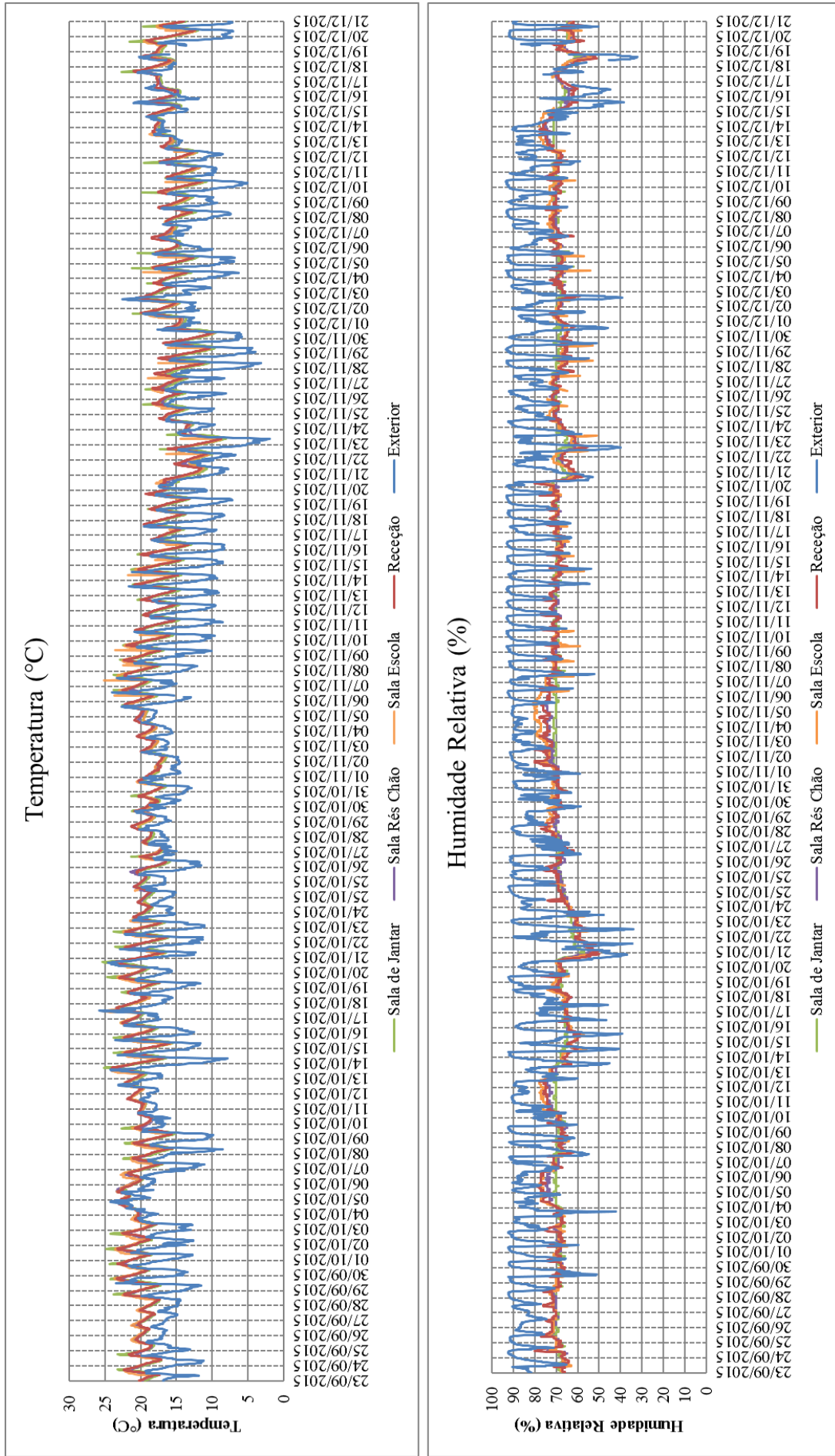


Figura 93 - Gráficos dos perfis de temperatura e humidade relativa da monitorização do Outono 2015

### 7.2.5.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

Nas avaliações subjetivas realizadas no outono 2015 na receção (Figura 94), verifica-se que as classificações de desconforto global variam entre neutro e ligeiramente desconfortável. Os parâmetros que os visados mais apontam como causas para o desconforto estão relacionados com a iluminação, tal como no outono 2014, os inquiridos sentem-se ligeiramente desconfortáveis com a iluminação insuficiente do compartimento. Por outro lado, o nível de ruído e a qualidade do ar não causam qualquer transtorno.

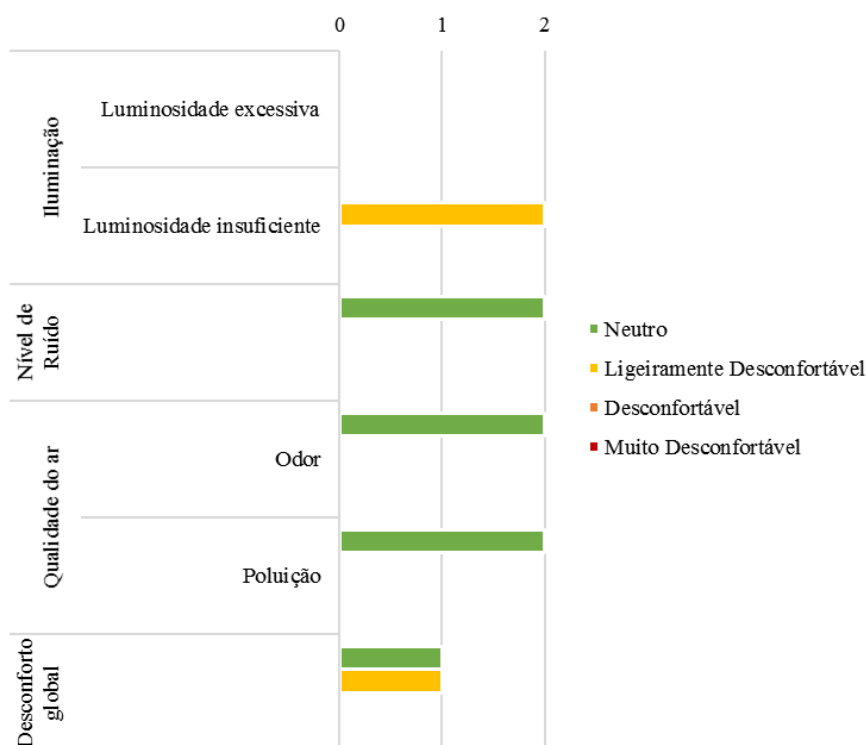


Figura 94 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global outono 2015

### 7.2.5.2. Avaliação objetiva das condições de conforto térmico

A monitorização para a avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação microclimática, no dia 18 de outubro de 2015.

Na realização da avaliação objetiva da receção, o cálculo da temperatura operativa média e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi respetivamente de 19.6°C e de 17.9°C. O gráfico apresentado na Figura 95 representa a relação entre as duas grandezas mencionadas e a temperatura de conforto do compartimento resultante. Nas avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os visados (dois) classificaram a sensação de conforto

térmico como neutro. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições aceitáveis de conforto.

À semelhança das estações de aquecimento anteriores, considera-se o sistema de climatização ativo.

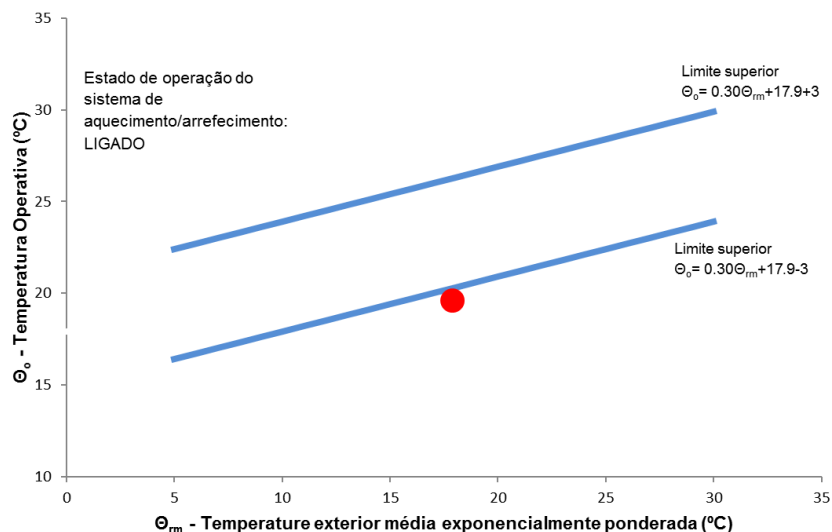


Figura 95 - Gráfico Conforto Adaptativo 18/10/2015 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

Na análise do gráfico (Figura 95) verifica-se que a sensação térmica se situa no limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico no limite do confortável (a 0.7°C da temperatura limite 20.3°C para uma temperatura exterior média de 17.9°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro verifica-se que uma ligeira aproximação entre as duas avaliações.

#### 7.2.5.3. Discussão de resultados

Segundo dados do IPMA (2015b) o outono 2015 foi considerado como um outono quente, o valor médio da temperatura média do ar foi 16.6 °C (próximo do valor médio, mas superior), os valores médios da temperatura máxima e mínima do ar, 22.01 °C e 11.2 °C respetivamente, também foram superiores aos valores normais. Dos dados registados, o valor médio da temperatura média foi 15.3°C, os valores médios da temperatura máxima e mínima foram de 19.6°C e 11.6°C respetivamente.

O valor médio da quantidade de precipitação está muito próximo do valor normal para o outono (IPMA, 2015b). Tal como nas estações anteriores os valores da percentagem de humidade relativa no exterior são elevados, assim como a sua amplitude, e no interior do edifício esses valores são muito inferiores.

Através da monitorização higrotérmica durante o outono 2015, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 8 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 3.4 e 4.8°C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado foi ainda mais positivo, já que no interior as oscilações, foram menores do que 8%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de 28.7%. Na avaliação objetiva do outono, o ambiente térmico da receção ficou no limite da zona de conforto.

Este período ficou marcado por várias falhas nas recolhas de dados, as falhas com períodos pequenos de duração foram resolvidas através de interpolações enquanto as restantes ficaram sem resolução. As mais significativas foram na sala escola, entre os dias 24 e 27 de outubro, 11 e 14 de novembro, 24 e 27 de novembro e 16 de dezembro e 18 de dezembro, e no exterior entre os dias 17 e 20 de dezembro.

#### 7.2.6. Inverno 2015/16

A medição de inverno de 2015/16 decorreu entre 22 de dezembro de 2015 a 10 de janeiro de 2016. Na Figuras 96 e 97 são apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa, no interior e exterior do edifício, obtidos no período de medição.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as temperaturas exteriores rondaram em média os 15°C (mais 5°C que o inverno 2014/15), com uma amplitude térmica de 7.3°C. Estas temperaturas altas para o inverno também podem ser justificadas pelo curto período de análise e que não inclui as semanas normalmente mais frias de janeiro. Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos, a média das temperaturas interiores ronda os 15°C com uma amplitude térmica a rondar os 3°C.

Da análise ao perfil de temperatura (Figura 96) e da Tabela 20, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção, à semelhança à estação de aquecimento anterior e ao contrário do Outono 2015, é o espaço que regista as temperaturas mais altas. Regista os maiores valores médios para a temperatura máxima e mínima assim, como a maior temperatura média em conjunto com a sala escola.
- A sala de jantar regista os valores médios da temperatura média e temperatura mínima mais baixos, assim como a amplitude térmica mais elevada, na estação de aquecimento anterior. É o espaço que mantém a temperatura ambiente acima dos 18°C durante menos tempo, em conjunto com a sala rés-do-chão.
- A sala rés-do-chão é a que apresenta uma menor amplitude térmica e um menor valor médio da temperatura máxima. A sala escola é o compartimento que mantém uma temperatura ambiente igual ou superior a 18 °C durante mais em oposição às salas de jantar e rés-do-chão. À semelhança das estações anteriores, a sala escola (piso 1) atinge temperaturas mais elevadas do que a sala rés-do-chão (piso 0).

Tal como nas análises do outono quando se analisa o perfil de temperatura observa-se que quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual. Também é perceptível que durante algum tempo a temperatura registada no exterior foi mais alta do que a registada no interior do edifício, o que se pode considerar fora do comum para uma estação como o inverno. A percentagem de tempo em que os compartimentos mantêm uma temperatura superior a 18°C diminuiu muito, tal como no inverno do ano anterior.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as percentagens de humidade relativa no exterior rondaram em média os 78% (semelhante ao inverno 2014/15). Tal como no inverno do ano anterior, as percentagens de humidade relativa registadas no interior do edifício apresentam alguma diferença entre compartimentos, a média das percentagens de humidade relativa interiores ronda os 71% (um aumento de 5% em relação ao inverno 2014/15).

Tabela 20 - Estatísticas temperatura inverno 2015/16

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Temperatura (°C)					
Máximo	23,1	19,2	21,2	18,7	18,9
Média	14,8	15,2	14,7	15,0	15,2
Mínimo	4,7	10,3	9,8	10,1	9,9
Temperatura media diária (°C)					
Máximo	18,5	16,9	16,8	16,5	16,8
Mínimo	11,2	13,8	13,3	13,7	13,6
Amplitude	7,3	3,1	3,5	2,8	3,2
% do tempo	Acima de 18°C	2%	1%	1%	4%
	Abaixo de 25°C	100%	100%	100%	100%

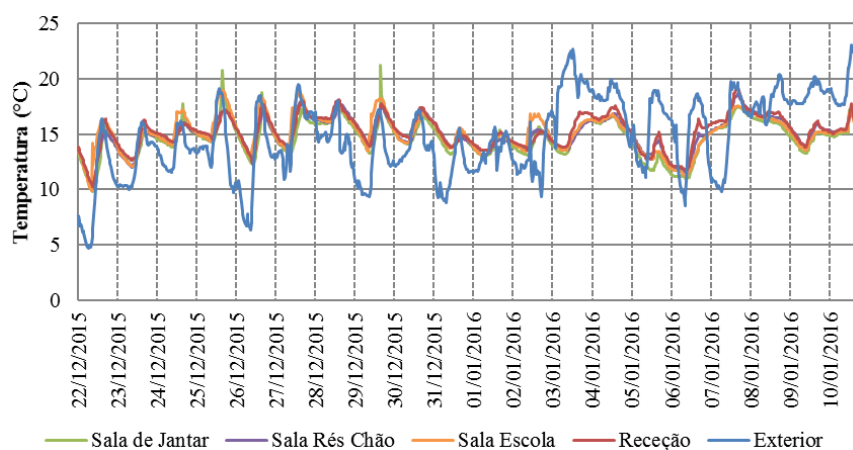


Figura 96 - Perfil de temperatura do período de monitorização de inverno 2015/16

Da análise ao perfil de humidade relativa (Figura 97) e da Tabela 21, dos vários compartimentos, verifica-se que:

- A receção é o espaço com maior amplitude média diária e com o maior valor médio da temperatura máxima em conjunto com a sala escola. A receção e sala rés-do-chão têm comportamento idêntico com aproximadamente 35% do tempo entre os 50% e 70% de humidade relativa.

- A sala de jantar, ao contrário do inverno do ano anterior, é o espaço que regista a média mais baixa de percentagem de humidade relativa e é o compartimento que se mantém durante mais tempo no intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa). É o compartimento que apresenta a menor amplitude média diária, um valor bastante reduzido quando comparado com o que se passa no exterior.

- A sala escola apresenta a maior percentagem média de humidade relativa, é o compartimento que se mantém menos tempo dentro do intervalo desejado (entre os 50% e 70% de humidade relativa) e regista o maior valor médio da temperatura mínima. Ao contrário do que acontece no verão e à semelhança das estações de aquecimento anteriores, há uma diferença no comportamento entre a sala rés chão e a sala escola.

Verifica-se novamente uma grande amplitude e oscilação de valores relativos à humidade relativa, mas com um decréscimo destes em relação ao ano anterior, quer em termos de média como nos valores máximos e mínimos. Apesar da percentagem média de humidade relativa ser semelhante ao inverno 2014/15, a amplitude média diminuiu, mas a percentagem de humidade no interior edifício aumentou significativamente. Este facto nota-se claramente no perfil de humidade relativa (Figura 97).

Tabela 21 - Estatísticas humidade relativa inverno 2015/16

Espaço	Exterior	Receção	Sala de jantar	Sala rés-do-chão	Sala escola
Humidade Relativa (%)					
Máximo	92,5	85,0	72,0	77,0	85,0
Média	78,3	72,5	68,6	70,9	73,7
Mínimo	39,9	55,0	60,0	58,0	56,0
Humidade Relativa média diária (%)					
Máximo	88,8	76,7	70,1	72,8	76,7
Mínimo	63,0	69,1	66,3	68,7	70,5
Amplitude	25,9	7,7	3,8	4,1	6,2
% do tempo	Entre 50-70%	34%	63%	36%	30%

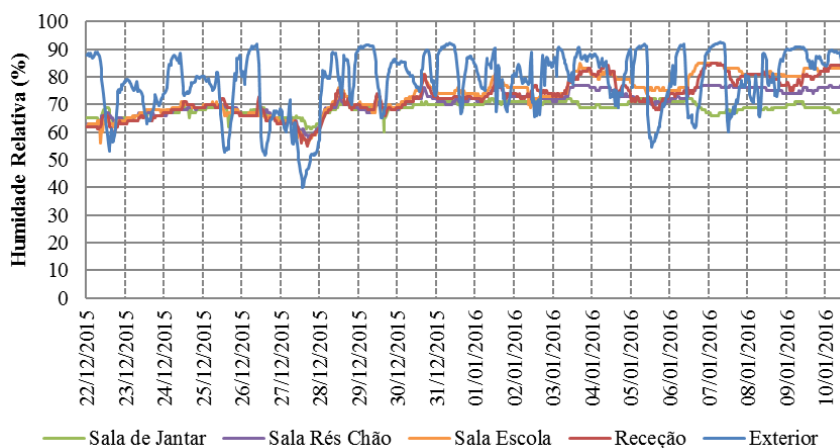


Figura 97 - Perfil de humidade relativa do período de monitorização de inverno 2015/16



### 7.2.6.1. Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global

Nas avaliações subjetivas realizadas no período de inverno 2015/16 os inquiridos classificaram a receção como ligeiramente desconfortável (Figura 98). Os parâmetros apontados como causas para o desconforto estão relacionados com a iluminação, os visados sentem-se ligeiramente desconfortáveis com a iluminação insuficiente. Parte dos inquiridos sente-se desconfortável com um odor relativamente intenso e com o ar ligeiramente poluído. Por outro lado, o nível de ruído não causa qualquer transtorno.

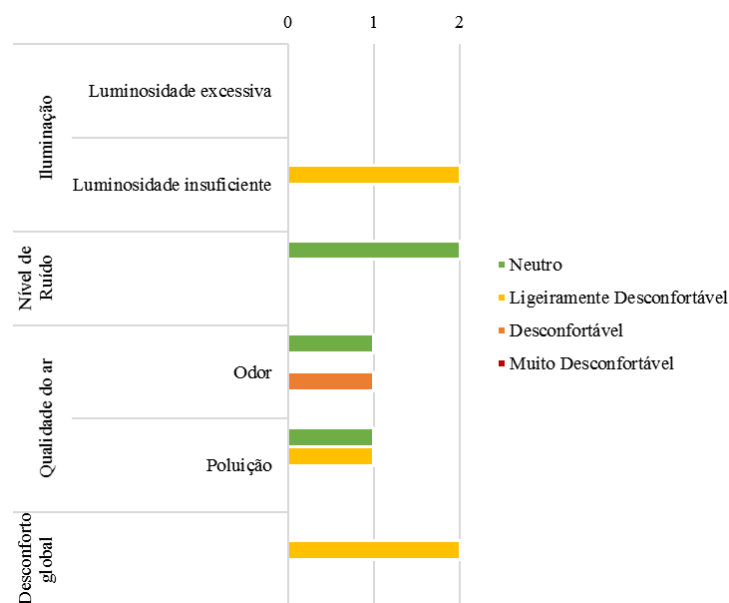


Figura 98 - Avaliação subjetiva da sensação de desconforto global inverno 2015/16

### 7.2.6.2. Avaliação objetiva das condições de conforto térmico

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação microclimática no dia 10 de janeiro de 2016.

Na realização da avaliação objetiva da receção, o cálculo da temperatura operativa média e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi respetivamente de 15.8°C e de 17.1°C. O gráfico apresentado na Figura 99 representa a relação entre as duas grandezas mencionadas e a temperatura de conforto do compartimento resultante. Nas avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os visados (dois) classificaram a sensação de conforto

térmico como neutro e ligeiramente frio. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições aceitáveis de conforto.

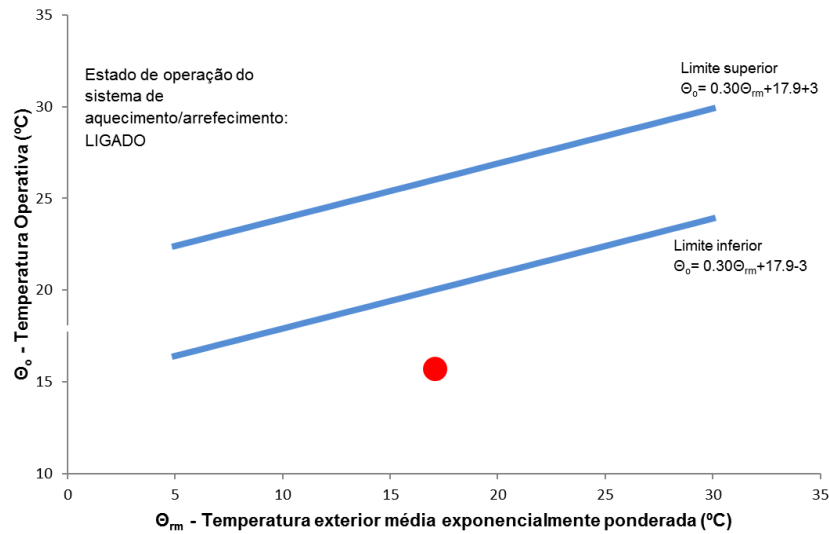


Figura 99 - Gráfico Conforto Adaptativo 10/01/2016 (o ponto vermelho corresponde à sensação térmica na receção)

Na análise do gráfico (Figura 99) verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto, assim, de acordo com o modelo adaptativo a receção apresenta um ambiente térmico desconfortável (a aproximadamente 4°C da temperatura limite de conforto 20°C para uma temperatura média exterior de 17.1°C). Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro verifica-se que não existe uma correlação entre as duas avaliações. Estes dados são influenciados pelas altas temperaturas registadas na semana anterior à medição, que fazem com que a temperatura exterior ponderada seja superior à temperatura operativa.

#### 7.2.6.3. Discussão de resultados

Segundo dados do IPMA (2016) o inverno 2015/16 foi muito quente e normal quanto à precipitação, a temperatura média foi de 10.9 °C, os valores médios da temperatura máxima e mínima do ar também foram superiores aos normais. Pelo período de monitorização reduzido (22 dias) nesta estação e pelo facto da primeira semana de janeiro terem sido registadas temperaturas muito elevadas para a época, este período de monitorização foi atípico.

O valor médio da quantidade de precipitação foi superior ao valor médio correspondendo a 117% do valor normal (IPMA, 2016). Em relação à humidade relativa, o comportamento foi semelhante ao demonstrado nas outras estações, com elevados valores de humidade relativa no exterior e o interior do edifício a conseguir manter amplitudes bastante reduzidas quando comparado com o exterior, valores mais baixos, mas ligeiramente superiores às restantes estações.

Através da monitorização higrotérmica durante o inverno 2015/16, pode-se concluir que apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica acentuada, 7.3 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 2.8 e 3.5°C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado foi positivo, já que no interior as oscilações, foram menores do que 8%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de 25.9%. Apesar disto, durante este curto período de monitorização, o edifício teve um fraco desempenho, verificara-se temperaturas altas no exterior, por vezes mais altas do que no interior. Na avaliação objetiva apresentou um ambiente térmico desconfortável, e nas avaliações subjetivas os inquiridos classificaram a receção como confortável ou ligeiramente fria.

### **7.3. Análise dos resultados da simulação**

Como os dados utilizados para o ficheiro climático do DesignBuilder foram relativos ao ano 2015, por uma questão de coerência, só são comparados os resultados obtidos da monitorização e da simulação para o ano de 2015. Pelo facto de terem sido analisados 4 espaços e para os perfis de temperatura e de humidade relativa não se tornarem confusos, os resultados apresentados a seguir correspondem apenas à receção.

#### **7.3.1. Inverno**

##### **7.3.1.1. Comparação dos resultados da simulação com os resultados obtidos**

A situação de inverno medida corresponde ao período entre 1 de janeiro e 19 de março de 2015. No perfil de temperatura (Figura 100) observa-se uma grande semelhança entre os dados reais e os dados simulados, com exceção dos picos máximos entre o fim e o início de fevereiro. A semelhança que se observa no perfil de temperatura não ocorre no perfil de humidade (Figura

101). Os dados simulados apresentam maior oscilação e amplitude de valores do que os dados reais, mais estáveis. A Tabela 22 ajuda a perceber melhor os resultados. Nota-se uma grande aproximação entre os resultados da monitorização e da simulação relativos à temperatura, sendo que os dados simulados apresentam temperaturas ligeiramente mais baixas. Quanto à humidade relativa, os valores médios aproximam-se, a média varia apenas 0.1%, mas tal como já se depreendia do perfil de humidade relativa (Figura 101) a oscilação e amplitude dos resultados da simulação é superior.

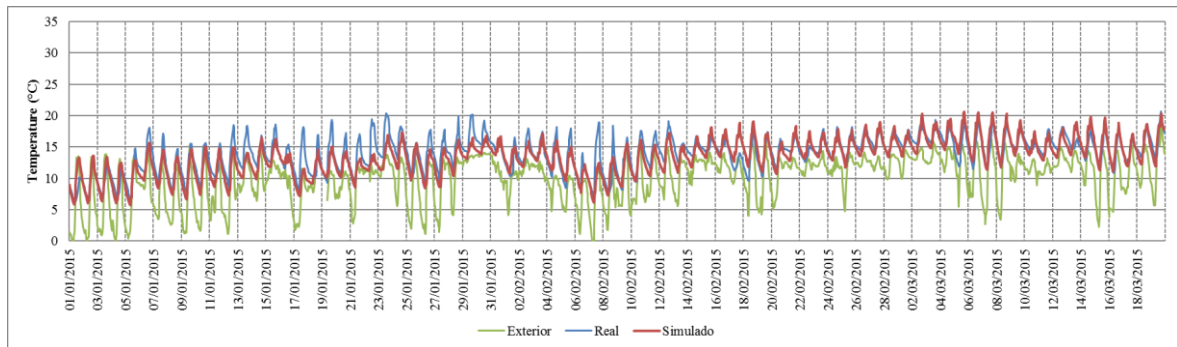


Figura 100 - Perfil de temperatura dos resultados da monitorização e simulação inverno

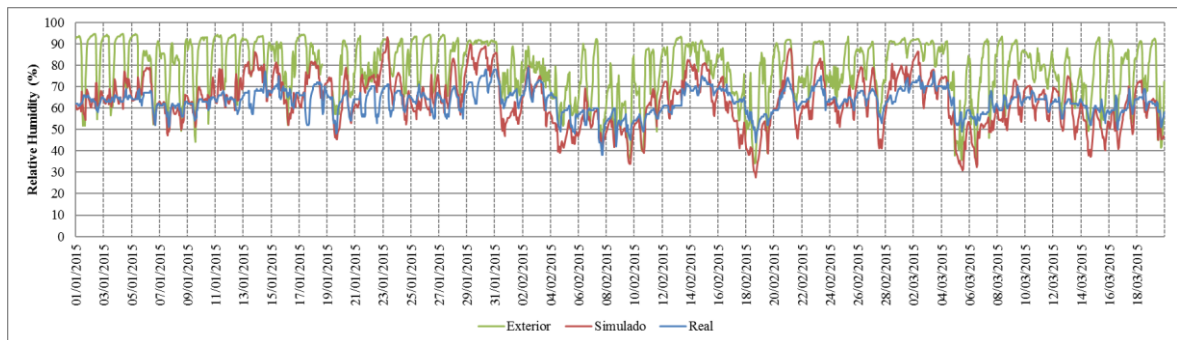


Figura 101 - Perfil de humidade relativa dos resultados da monitorização e simulação inverno

Tabela 22 – Estatísticas dados reais e simulados inverno

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	-0,4	6,2	10,1	13,9	19,2	7,7
Real	6,2	11,3	14,0	17,4	20,7	6,1
Simulado	5,8	10,9	13,4	16,5	20,7	5,6
Humidade Relativa (%)						
Exterior	33,8	59,7	78,1	90,2	94,7	30,5
Real	38,0	56,9	63,0	68,2	79,0	11,3
Simulado	27,4	52,9	63,1	72,5	93,2	19,6

### 7.3.1.2. Comparação entre os diferentes sistemas construtivos

As diferenças entre os vários tipos de construção, palheiro sem isolamento, palheiro com isolamento e construção em alvenaria (com isolamento) notam-se sobretudo na amplitude dos registos. Os perfis de temperatura (Figura 102) e de humidade relativa (Figura 103) demonstram esse facto, com o palheiro sem isolamento a ter maior amplitude do que a solução com isolamento, ao retirar o isolamento térmico o edifício perde alguma capacidade de resistir à variação da temperatura exterior. A solução em alvenaria apresenta uma amplitude menor do que o palheiro, pois possui isolamento térmico e a inércia térmica da solução é superior à inércia da construção em madeira.

A Tabela 23 facilita a perceção dos resultados, da sua análise percebe-se perfeitamente que o palheiro com isolamento é a solução intermédia, o palheiro sem isolamento apresenta uma maior amplitude de valores, próxima da amplitude exterior. A solução construtiva em alvenaria (com isolamento) apresenta a menor amplitude térmica e os valores mínimos de temperatura mais elevados. Quanto à humidade relativa, o palheiro com isolamento regista percentagens ligeiramente mais baixas em relação à solução em alvenaria, demonstrando o melhor comportamento da construção em madeira relativamente à humidade. O palheiro sem isolamento apresenta grandes oscilações na percentagem de humidade relativa, apesar de a média ser ligeiramente mais baixa que a solução em alvenaria.

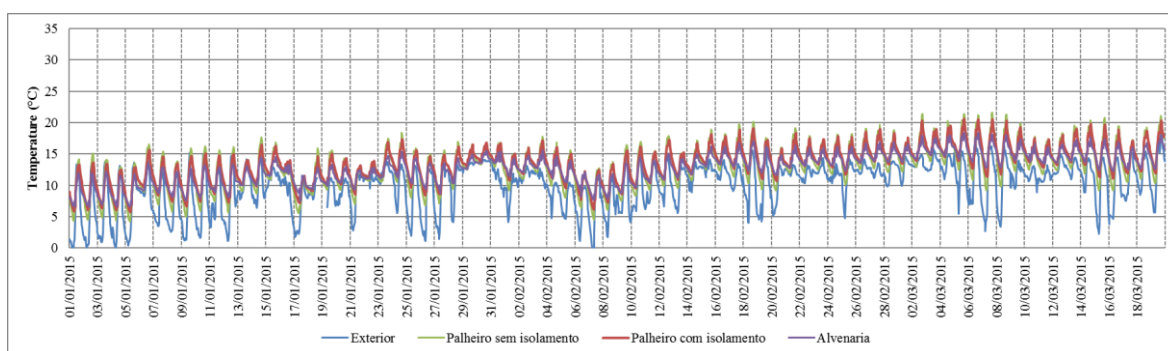


Figura 102 - Perfil de temperatura dos resultados simulados inverno

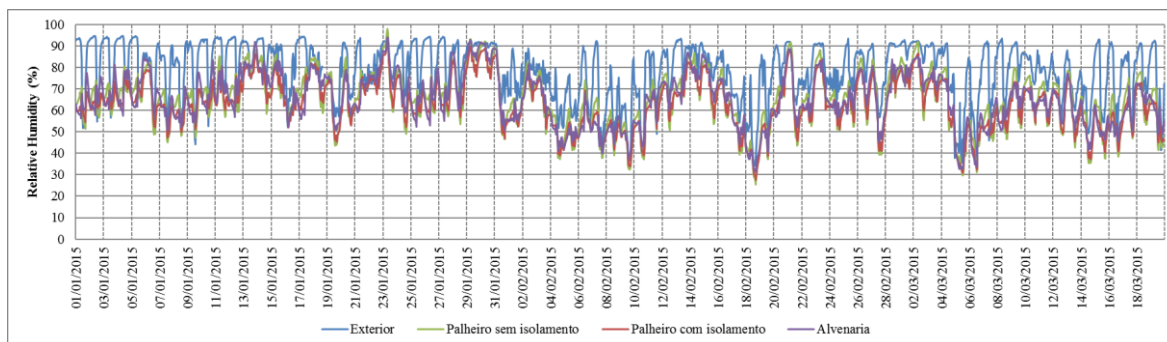


Figura 103 - Perfil de humidade relativa dos resultados simulados inverno

Tabela 23 – Estatísticas das diferentes soluções construtivas inverno

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	-0,4	6,2	10,1	13,9	19,2	7,7
Palheiro sem isolamento	4,2	9,6	13,0	17,0	21,5	7,4
Palheiro com isolamento	5,8	10,9	13,4	16,5	20,7	5,6
Alvenaria	6,5	11,2	12,9	14,9	18,4	3,7
Humidade Relativa (%)						
Exterior	33,8	59,7	78,1	90,2	94,7	30,5
Palheiros sem isolamento	25,5	51,8	65,0	76,0	97,9	24,2
Palheiro com isolamento	27,4	52,9	63,1	72,5	93,2	19,6
Alvenaria	31,0	55,9	65,3	75,2	94,0	19,3

### 7.3.2. Primavera

#### 7.3.2.1. Comparação dos resultados da simulação com os resultados obtidos

Da análise do perfil de temperatura (Figura 103) nota-se uma aproximação dos resultados da monitorização e da simulação, estes últimos com maior amplitude. Da análise do perfil de humidade relativa (Figura 104), tal como no inverno, os resultados simulados apresentam maior amplitude que os resultados da monitorização. A Tabela 24 permite uma análise mais detalhada dos resultados obtidos. Os valores mínimos e média da temperatura da simulação aproximam-

se dos resultados da monitorização, enquanto os valores máximos e amplitude se afastam ligeiramente, com os resultados da simulação a atingir valores mais elevados.

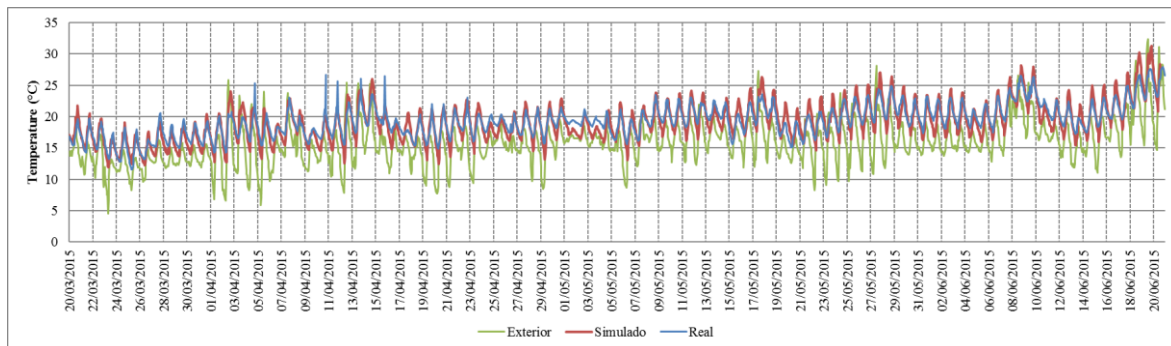


Figura 104 - Perfil de temperatura dos resultados da monitorização e simulação da primavera

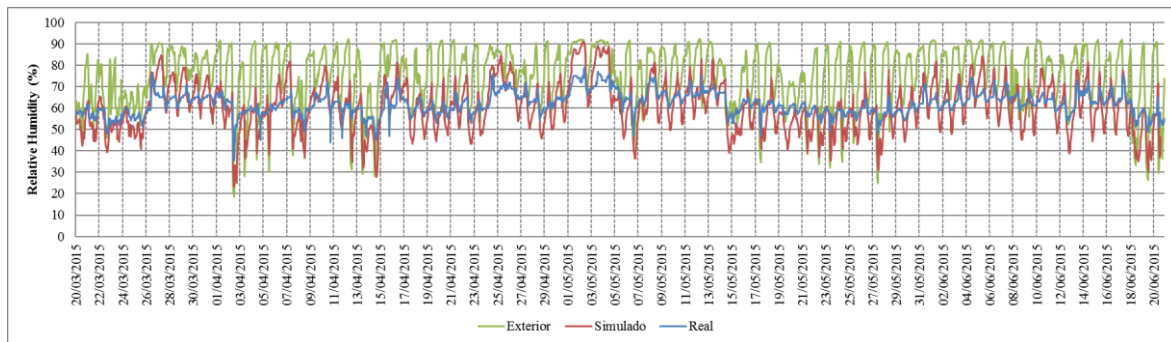


Figura 105 - Perfil de humidade relativa dos resultados da monitorização e simulação da primavera

Tabela 24 – Estatísticas dados reais e simulados primavera

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	4,6	12,0	15,9	20,0	32,4	8,0
Real	11,6	17,3	19,3	22,0	27,9	4,7
Simulado	12,0	17,1	19,2	23,8	31,7	6,7
Humidade Relativa (%)						
Exterior	18,6	67,2	74,4	88,5	92,2	33,1
Real	35,0	56,7	62,0	67,2	79,0	10,5
Simulado	23,4	44,7	60,4	67,7	90,8	23,0

### 7.3.2.2. Comparação entre os diferentes sistemas construtivos

Tal como no inverno, as diferenças entre os vários tipos de construção, palheiro sem isolamento, palheiro com isolamento e construção em alvenaria (com isolamento) notam-se sobretudo na amplitude dos registos, o que se nota nos perfis de temperatura (Figura 106) e de humidade relativa (Figura 107).

Da análise da Tabela 25 percebe-se que o palheiro com isolamento é a solução intermédia, o palheiro sem isolamento apresenta uma maior amplitude de valores, próxima da amplitude exterior. Tal como no inverno, a solução construtiva em alvenaria apresenta a menor amplitude térmica e os valores mínimos de temperatura mais elevados. Ao contrário do que acontece, no inverno, o palheiro com isolamento regista valores máximos de humidade relativa ligeiramente mais superiores em relação à solução em alvenaria. O palheiro sem isolamento apresenta grandes oscilações na percentagem de humidade relativa, apesar de a média ser ligeiramente mais baixa que o palheiro com isolamento.

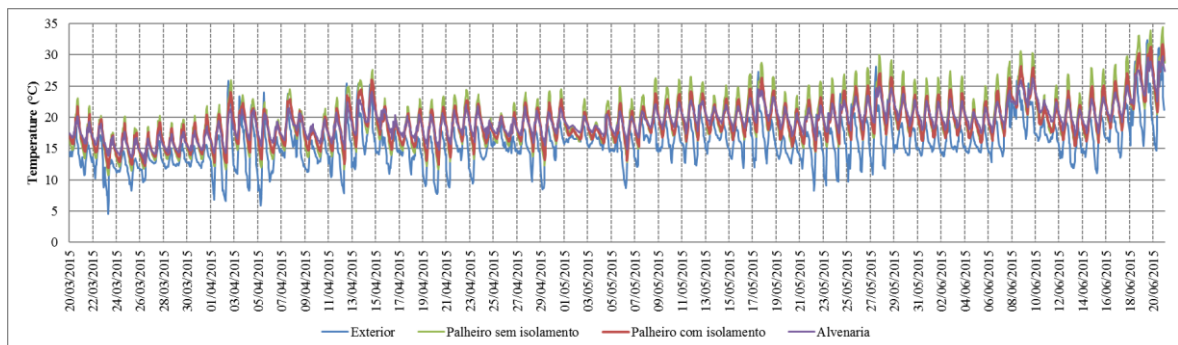


Figura 106 - Perfil de temperatura dos resultados simulados primavera

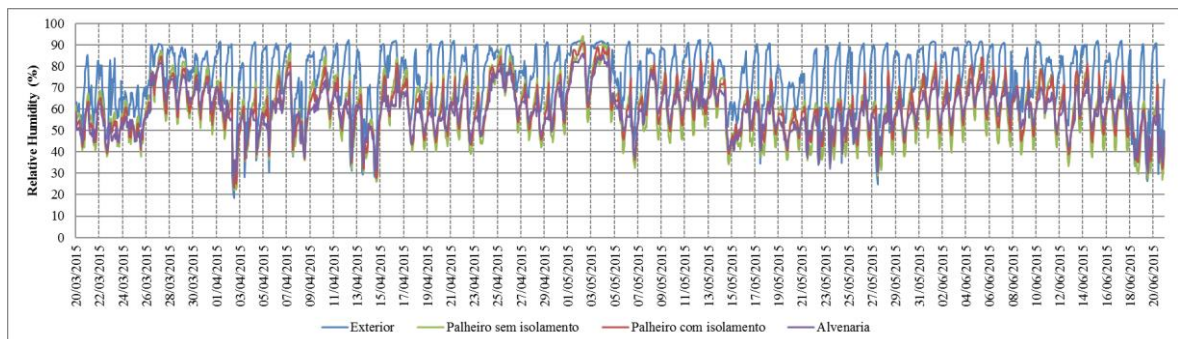


Figura 107 - Perfil de humidade relativa dos resultados simulados primavera



Tabela 25 - Estatísticas das diferentes soluções construtivas primavera

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	4,6	12,0	15,9	20,0	32,4	8,0
Palheiro sem isolamento	10,8	15,5	19,6	24,5	34,4	9,0
Palheiro com isolamento	12,0	15,9	19,2	22,7	31,7	6,7
Alvenaria	12,6	17,3	19,4	21,6	29,8	4,4
Humidade Relativa (%)						
Exterior	18,6	67,2	74,4	88,5	92,2	33,1
Palheiro sem isolamento	22,2	43,4	59,6	73,9	94,0	30,6
Palheiro com isolamento	23,4	47,6	60,4	72,7	90,8	25,1
Alvenaria	27,0	49,6	59,3	68,3	85,8	18,7

### 7.3.3. Verão

#### 7.3.3.1. Comparação dos resultados da simulação com os resultados obtidos

Tal como nas estações anteriores, da análise do perfil de temperatura (Figura 109) nota-se uma aproximação dos resultados da monitorização e da simulação, estes últimos com maior amplitude. Da análise do perfil de humidade relativa (Figura 110), tal como nas estações anteriores, os resultados simulados apresentam maior amplitude que os resultados da monitorização.

A Tabela 26 permite uma análise mais detalhada dos resultados obtidos. Os valores mínimos e média da temperatura da simulação aproximam-se dos resultados da monitorização, enquanto os valores máximos e amplitude se afastam ligeiramente, com os resultados da simulação a atingir valores mais elevados.

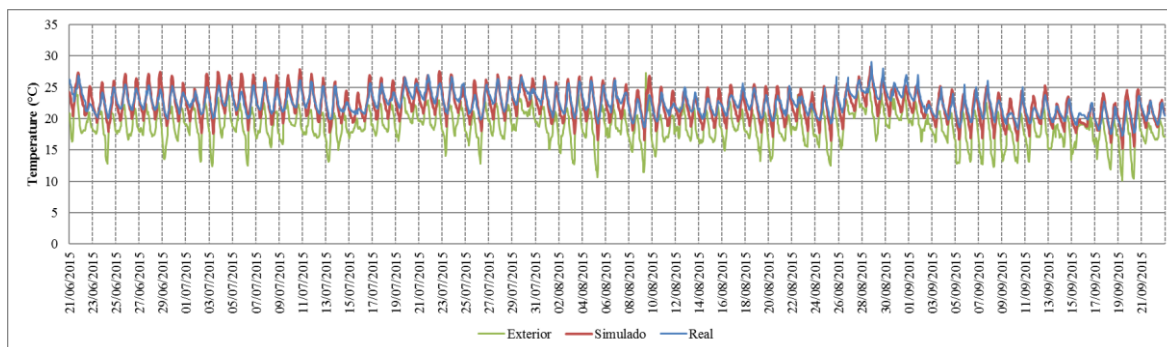


Figura 108 - Perfil de temperatura dos resultados da monitorização e simulação verão

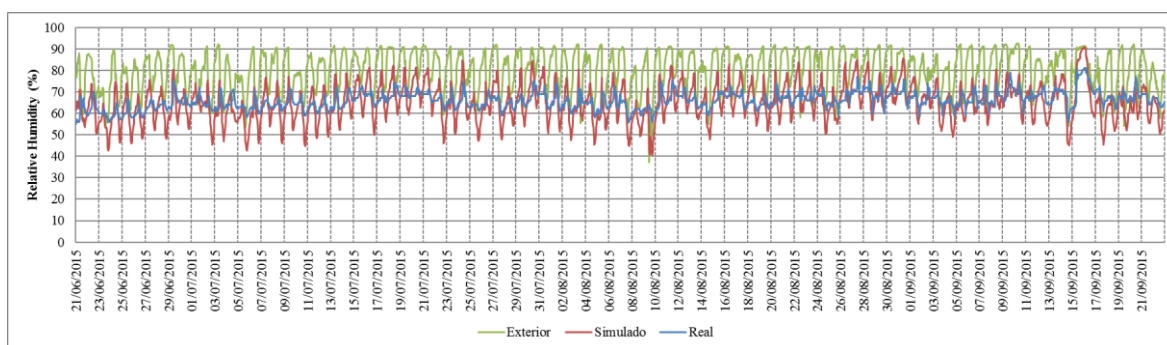


Figura 109 - Perfil de humidade relativa dos resultados da monitorização e simulação verão

Tabela 26 – Estatísticas dados reais e simulados verão

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	10,1	15,5	18,8	22,1	27,3	6,6
Real	17,6	20,6	22,4	25,1	29,0	4,4
Simulado	15,3	20,3	22,2	26,9	28,3	6,5
Humidade Relativa (%)						
Exterior	37,1	64,2	79,4	89,5	92,6	25,3
Real	55,0	61,0	65,9	71,1	81,0	10,1
Simulado	40,5	49,6	64,7	70,7	90,8	21,1

### 7.3.3.2. Comparação entre os diferentes sistemas construtivos

Tal como nas estações anteriores, as diferenças entre os vários tipos de construção, palheiro sem isolamento, palheiro com isolamento e construção em alvenaria (com isolamento) notam-

se sobretudo na amplitude dos registos, tal como demonstram os perfis de temperatura (Figura 110) e de humidade relativa (Figura 111). O palheiro sem isolamento regista maior amplitude do que a solução com isolamento, tal como já foi referido, ao retirar o isolamento térmico o edifício perde alguma capacidade de resistir à variação da temperatura exterior. A solução em alvenaria apresenta uma amplitude menor do que o palheiro, pois a inércia térmica da solução é superior à inércia da construção em madeira.

Da análise da Tabela 27 percebe-se que o palheiro com isolamento é a solução intermédia, o palheiro sem isolamento apresenta uma maior amplitude de valores, próxima da amplitude exterior. Tal como nas estações anteriores, a solução construtiva em alvenaria apresenta a menor amplitude térmica e os valores mínimos de temperatura mais elevados. Quanto à humidade relativa, a solução em alvenaria apresenta a menor amplitude. O palheiro sem isolamento apresenta grandes oscilações na percentagem de humidade relativa, apesar de registar a média mais baixa. O palheiro com isolamento apresenta a média mais alta, mas os restantes valores são intermédios do palheiro sem isolamento e da solução em alvenaria.

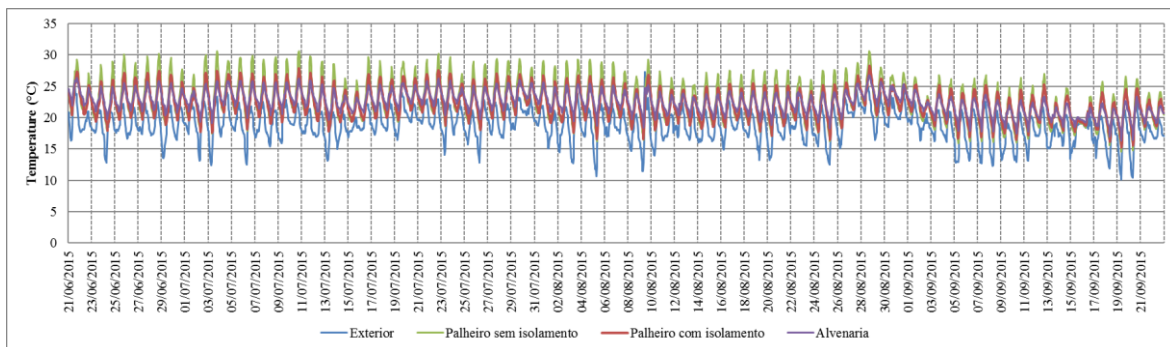


Figura 110 - Perfil de temperatura dos resultados simulados verão

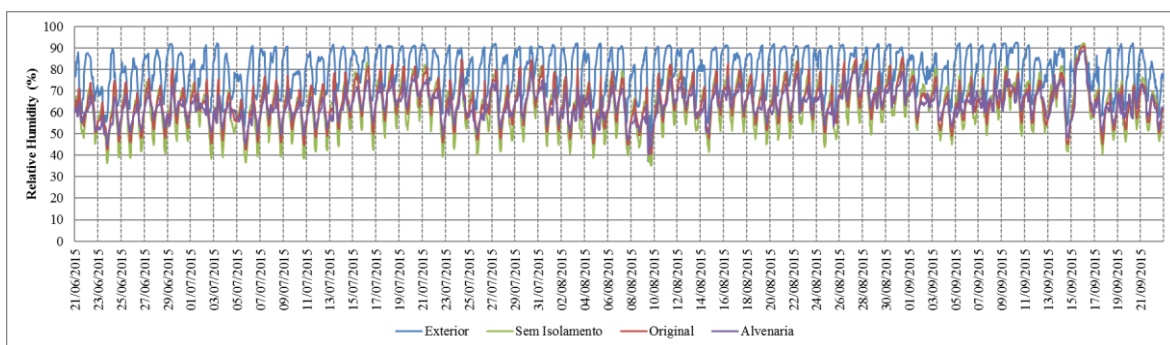


Figura 111 - Perfil de humidade relativa dos resultados simulados verão

Tabela 27 – Estatísticas das diferentes soluções construtivas verão

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	10,1	15,5	18,8	22,1	27,3	6,6
Palheiro sem isolamento	14,6	18,8	22,7	27,6	30,6	8,8
Palheiro com isolamento	15,3	19,0	22,2	25,5	28,3	6,6
Alvenaria	16,3	20,2	22,5	24,5	26,8	4,3
Humidade Relativa (%)						
Exterior	37,1	64,2	79,4	89,5	92,6	25,3
Palheiro sem isolamento	35,2	47,6	63,1	76,8	92,1	29,2
Palheiro com isolamento	40,5	53,6	64,7	76,8	90,8	23,2
Alvenaria	40,1	56,1	63,4	71,4	89,0	15,3

#### 7.3.4. Outono

##### 7.3.4.1. Comparação dos resultados da simulação com os resultados obtidos

Tal como nas estações anteriores, da análise do perfil de temperatura (Figura 112) nota-se uma aproximação dos resultados da monitorização e da simulação, estes últimos com maior amplitude. Da análise do perfil de humidade relativa (Figura 113), tal como nas estações anteriores, os resultados simulados apresentam maior amplitude que os resultados da monitorização.

A Tabela 28 permite uma análise mais detalhada dos resultados obtidos. Os valores mínimos e média da temperatura da simulação aproximam-se dos resultados da monitorização, enquanto os valores máximos e amplitude se afastam ligeiramente, com os resultados da simulação a atingir valores mais elevados.

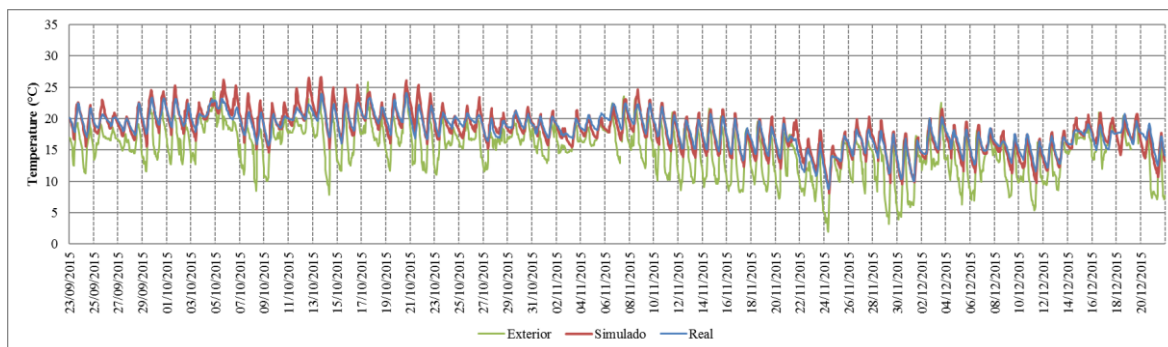


Figura 112 - Perfil de temperatura dos resultados da monitorização e simulação outono

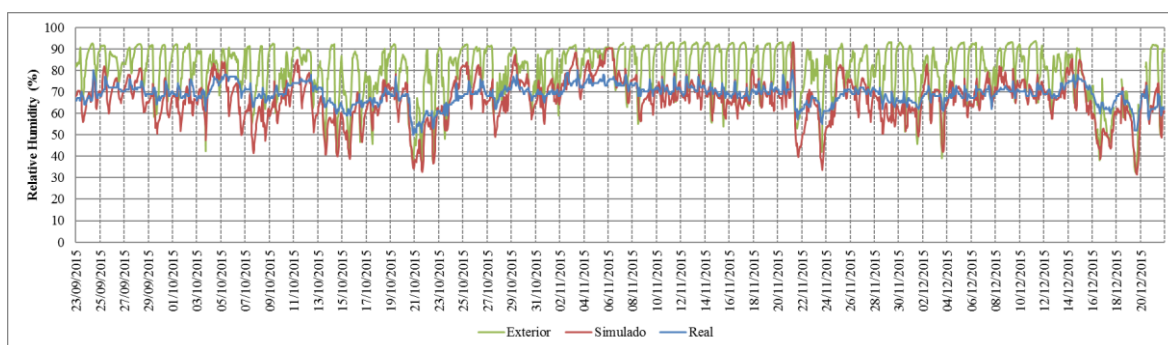


Figura 113 - Perfil de humidade relativa dos resultados da monitorização e simulação outono

Tabela 28 – Estatísticas dados reais e simulados outono

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	2,0	11,6	15,2	19,6	25,8	8
Real	8,8	16,1	18,1	20,2	24,1	4,1
Simulado	8,1	15,8	18,1	21,7	26,6	5,9
Humidade Relativa (%)						
Exterior	32,3	61,2	79,8	89,9	93,6	28,7
Real	50,0	65,2	68,9	73,2	80,0	8,0
Simulado	31,4	55,0	66,5	73,8	93,2	18,9

#### 7.3.4.2. Comparação entre os diferentes sistemas construtivos

Tal como nas estações anteriores, as diferenças entre os vários tipos de construção, nos perfis de temperatura (Figura 114) e de humidade relativa (Figura 115) notam-se sobretudo na

amplitude dos registos. O palheiro sem isolamento regista maior amplitude do que a solução com isolamento e a solução em alvenaria apresenta uma amplitude menor do que o palheiro.

Ao observar a Tabela 29 percebe-se que o palheiro com isolamento é a solução intermédia, o palheiro sem isolamento apresenta uma maior amplitude de valores, próxima da amplitude exterior. No outono as médias de temperatura das três soluções são bastante aproximadas. Tal como nas estações anteriores, a solução construtiva em alvenaria apresenta a menor amplitude térmica e os valores mínimos de temperatura mais elevados. Quanto à humidade relativa, o palheiro com isolamento regista percentagens ligeiramente mais baixas em relação à solução em alvenaria, e uma amplitude média próxima da solução em alvenaria o que não acontecia nas outras estações. Tal como nas restantes estações, o palheiro sem isolamento apresenta grandes oscilações na percentagem de humidade relativa, apesar da média se aproximar das outras soluções construtivas.

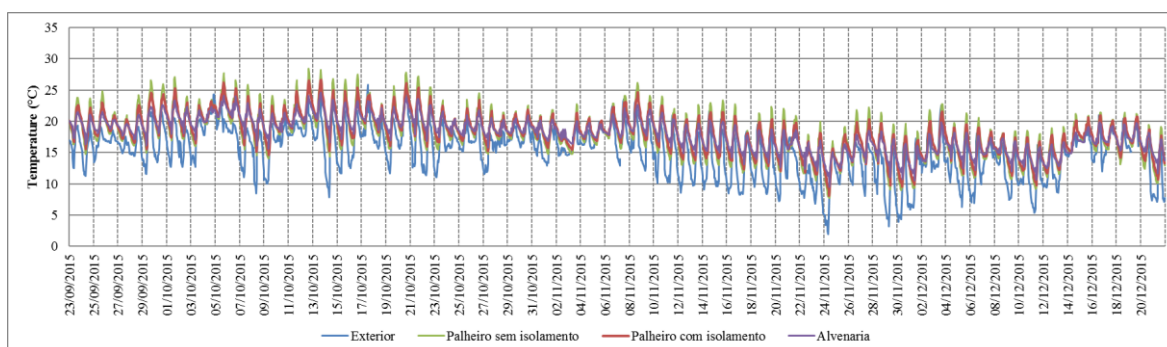


Figura 114 - Perfil de temperatura dos resultados simulados outono

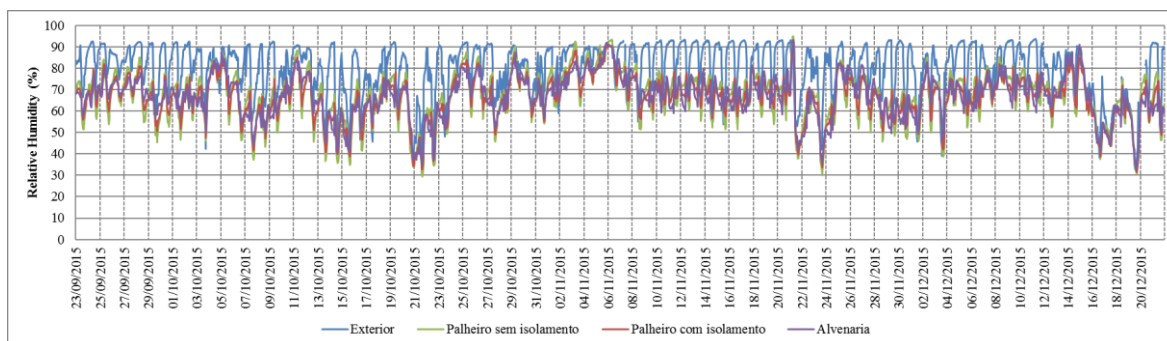


Figura 115 - Perfil de humidade relativa dos resultados simulados outono

Tabela 29 – Estatísticas das diferentes soluções construtivas outono

	Mínimo absoluto	Média Mínima	Valor Médio	Média Máxima	Máximo absoluto	Amplitude média
Temperatura (°C)						
Exterior	2,0	11,6	15,2	19,6	25,8	8,0
Palheiro sem isolamento	7,7	14,7	18,1	22,5	28,5	7,8
Palheiro com isolamento	8,1	15,3	18,1	21,3	26,6	6,0
Alvenaria	9,5	15,9	18,0	20,1	24,6	4,2
Humidade Relativa (%)						
Exterior	32,3	61,2	79,8	89,9	93,6	28,7
Palheiro sem isolamento	29,2	53,0	66,9	77,7	95,0	24,8
Palheiro com isolamento	31,4	56,2	66,5	75,8	93,2	19,6
Alvenaria	32,9	58,4	66,9	75,4	93,1	17,0

#### 7.3.4.1. Discussão de Resultados

Os resultados da simulação aproximam-se bastante aos resultados da monitorização relativamente à temperatura e humidade relativa média. Relativamente à humidade relativa, os resultados da simulação apresentam maior oscilação e amplitude em comparação com os resultados da monitorização. Este facto pode-se dever às propriedades higroscópicas da madeira, e à dificuldade de reproduzir essas mesmas propriedades na simulação do edifício. Outro fator que pode ser responsável pela maior estabilização dos resultados da monitorização face aos resultados da simulação é a utilização do desumificador, este deve ser o grande responsável pela estabilização da percentagem de humidade relativa.

Outro parâmetro que podia aproximar os resultados da monitorização e simulação, seria a ventilação. Apesar de a taxa de ventilação ter sido obtida através de dados reais, não deixa de ser alvo de aproximações e o cálculo da taxa de ventilação através do ensaio da porta ventiladora tornaria modelo mais rigoroso e aproximado da realidade.

Quanto à comparação dos diferentes sistemas construtivos, a solução em alvenaria apresenta comportamento semelhante ou ligeiramente superior ao comportamento do palheiro com isolamento, a inércia térmica ajuda a estabilizar a temperatura e a armazenar o calor produzido. Relativamente à solução em madeira com isolamento era esperada uma maior estabilização nos valores de humidade relativa, este facto deve-se às dificuldades já referidas anteriormente de afinação do modelo. Assim, relativamente à humidade, a solução em alvenaria apresenta valores mais estabilizados.

O palheiro sem isolamento apresentou resultados de acordo com o esperado, com grandes amplitudes térmicas e superiores às restantes soluções devido à inexistência de isolamento térmico. No entanto esta solução também é afetada pelo menor rigor na afinação das propriedades higroscópicas da madeira na simulação, e por isso apresenta grande oscilação e amplitude nos valores de humidade relativa. Mesmo assim, no geral, apresenta valores médios semelhantes às restantes soluções construtivas.

Assim, tendo em conta os dados recolhidos das simulações (temperatura e humidade relativa), é difícil avaliar qual é a solução melhor, mas, dependendo do parâmetro, a solução em alvenaria é ligeiramente melhor na maioria das situações e pior noutras, apresentando valores de temperatura e humidade relativa mais estabilizados. O facto da percentagem de humidade relativa simulada não ser tão estabilizada como na monitorização, impede que o desempenho do palheiro não seja superior ao desempenho da construção em alvenaria. Apesar disto, pelas questões de sustentabilidade e vantagens da construção vernácula e da madeira como material de construção, este tipo de arquitetura deve ser considerado como solução, principalmente no litoral, onde problemas como a subida da água do mar e a erosão costeira, podem ser atenuados com a utilização da tipologia dos palheiros.





## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **8.1. Conclusões**

O setor da construção necessita de continuar a sua evolução de forma a responder aos desafios do desenvolvimento sustentável. Só através da constante evolução e procura de soluções é possível responder aos desafios ambientais, económicos e de desempenho. A arquitetura vernácula pode contribuir para a resposta a estes desafios, pela sua pragmática gestão de recursos e estreita relação com o meio em que se insere. Os materiais tradicionais, desde que bem aplicados e conservados, podem ter um bom desempenho, é por isso errado supor que estes são incompatíveis com a eficiência das construções.

Portugal, tal como a Europa, possui um edificado antigo, em que a construção não se preocupava com a eficiência energética. Se a isto associarmos o preço da energia em Portugal, o conforto térmico no interior dos edifícios torna-se num encargo que muitas famílias não conseguem sustentar. Sendo que, a energia mais limpa é sempre aquela que não se utiliza, a arquitetura vernácula, através das suas estratégias passivas torna-se numa fonte de conhecimento fundamental. A questão da energia é um dos grandes problemas da sociedade atual e futura, mesmo com energias renováveis existe sempre algum impacto ambiental.

A construção em madeira pode contribuir não só para a sustentabilidade dos edifícios, mas também para a sustentabilidade do ambiente e da sociedade, principalmente a sociedade rural, mais do interior. Uma exploração adequada da floresta conduz a um maior aproveitamento desta que pode originar mais-valias económicas, sociais e ambientais importantes. Através de geração de emprego, dos rendimentos com produtos florestais. Uma boa gestão da floresta pode minimizar os efeitos ambientais e sociais dos incêndios florestais e porventura evitar tragédias semelhantes às que aconteceram em 2017 em Portugal.

A temática da arquitetura vernácula tem vindo a suscitar um crescente interesse da comunidade científica, realçando a importância do estudo e proteção deste património em extinção. As manifestações vernáculas resultantes das assimetrias geográficas e climáticas de Portugal são diversas. No caso particular dos palheiros de Mira, os edifícios apostam na utilização da madeira e das suas mais-valias num ambiente marítimo, e também da elevação dos edifícios em relação ao solo. As estratégias de atenuação dos efeitos do clima marítimo e capacidade de portabilidade, da arquitetura dos palheiros, podem ter um contributo para a construção contemporânea e desafios que esta enfrenta. Este trabalho de investigação baseou-se em estudos de campo que consagram uma visão mais detalhada da eficiência das estratégias utilizadas.

A metodologia adotada permitiu cumprir os objetivos estabelecidos no presente trabalho, o qual visava a avaliação *in situ* do comportamento térmico e das condições de conforto de um edifício vernáculo. A avaliação de um edifício vernáculo deve implementar métodos objetivos adequados, caso contrário, o processo leva a conclusões incorretas ou imprecisas. Neste sentido, a metodologia baseada em avaliações objetivas provou-se adequada, pois permitiu uma visão clara e sustentada dos parâmetros ambientais analisados. As avaliações subjetivas, baseadas na realização de inquéritos, revelaram ser uma ferramenta útil, permitindo relacionar a perceção dos ocupantes com as condições ambiente observadas, complementando a informação obtida através das avaliações objetivas.

O edifício escolhido como caso de estudo está de acordo com os fatores regionais e locais da arquitetura e construção de Mira (litoral central). O edifício recorre a materiais disponíveis no local, nomeadamente a madeira, mas a introdução de isolamento térmico é uma atualização deste tipo de construção em relação aos seus antepassados. A disposição interior dos espaços apresenta uma organização compacta e estruturada, semelhante aos exemplos deste tipo de construção

Dos resultados obtidos a partir das monitorizações realizadas no caso de estudo localizado em Praia de Mira, pode concluir-se que foi possível atingir as condições de conforto térmico interior no verão e em parte da primavera, ou próximo disso no outono e início de primavera. O inverno foi o período que mais se afastou das condições ideais, quer nas avaliações objetivas quer nas subjetivas, as condições de conforto térmico interior não foram atingidas, mesmo

assim, algumas observações subjetivas neste período correspondem a situações aceitáveis de conforto. A falta de um sistema centralizado de climatização e o facto de se tratar de um espaço aberto ao público e com muitas aberturas para o exterior, podem ajudar a explicar esta situação.

Comparando os resultados obtidos no verão e no inverno, sobressai o facto de a receção ser o espaço mais quente no inverno e o mais fresco no verão. Como é o espaço com maior taxa de ocupação, percebe-se que a influência dos ocupantes se faz notar. No que concerne à humidade relativa, tanto no verão como no inverno, a sala de jantar é o espaço com a percentagem mais elevada e a receção o espaço com a percentagem mais baixa. Em relação à humidade, a localização e a ventilação revelam-se fundamentais, a sala de jantar localizada na zona noroeste do edifício é a mais húmida, e a receção na zona sudoeste do edifício e com maior taxa de ventilação é a menos húmida.

Nas avaliações subjetivas de conforto térmico grande parte dos inquiridos respondeu que se encontrava numa situação confortável (Figura 116). Os 20% dos inquiridos que classificaram o ambiente térmico como frio e 5% como ligeiramente frio, possuíam um motivo de ordem fisiológica que afetava a sua perceção de conforto térmico. Nas avaliações subjetivas de desconforto global (Figura 117), grande parte dos inquiridos sentiu-se confortável ou ligeiramente desconfortável, e grande parte das causas para o desconforto (Figura 118) estão relacionadas com a qualidade do ar, talvez pelo ambiente marítimo e grande percentagem de humidade contribua para esta situação.

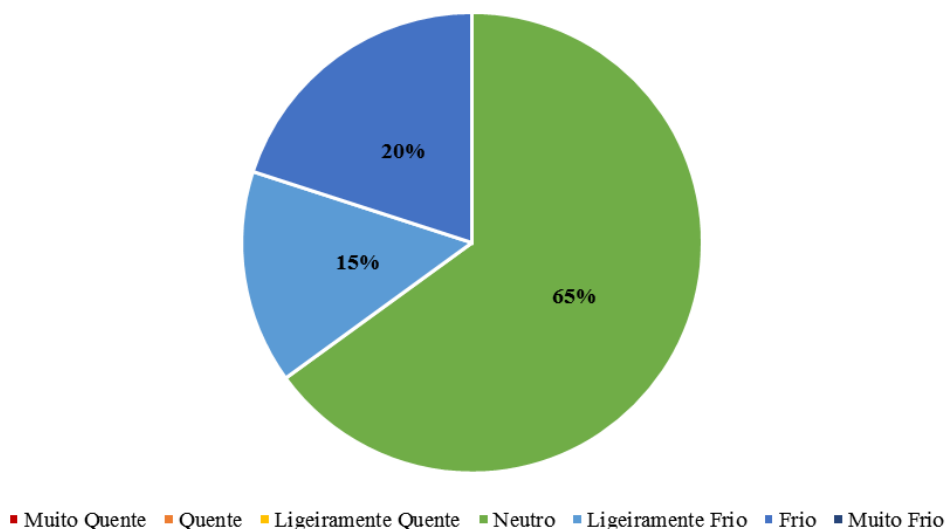


Figura 116 - Avaliações subjetivas do conforto térmico

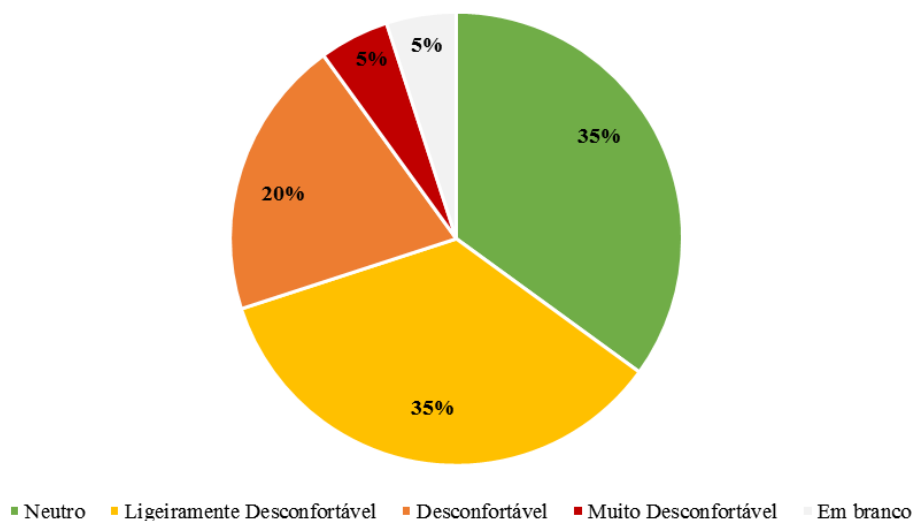


Figura 117 - Avaliações subjetivas da sensação de desconforto global

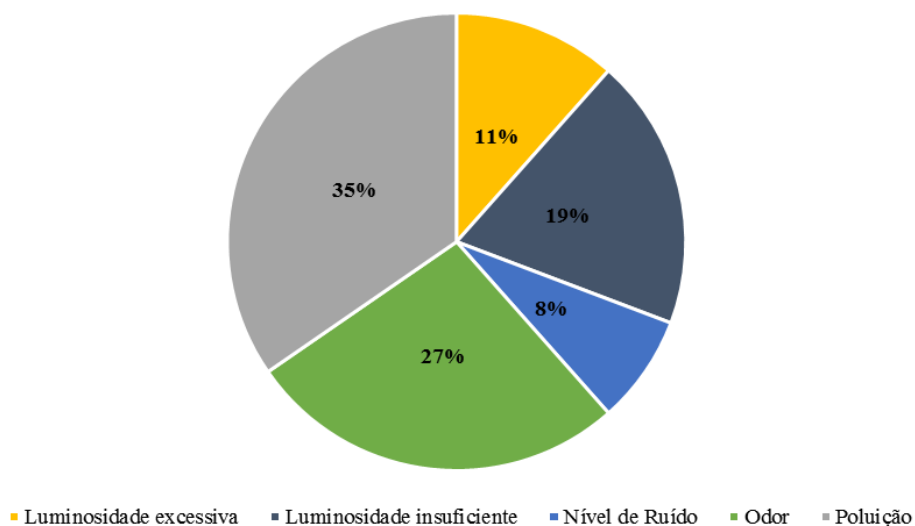


Figura 118 - Causas apontadas para a sensação de desconforto global

Das avaliações objetivas, pode concluir-se que o edifício (receção) consegue manter um ambiente térmico interior confortável no verão e a partir de meados da primavera, situando-se próximo do limite da zona de conforto no início da primavera e no outono, e não consegue atingir as condições de conforto durante o período de inverno.

Apesar da temperatura exterior apresentar uma amplitude térmica média acentuada, entre 6.4 e 8.1 °C, a temperatura interior oscilou significativamente menos, entre 2.8 e 6.3 °C. No que respeita à humidade relativa do edifício o resultado foi ainda mais positivo, já que as oscilações,

no geral, foram menores do que 10%, enquanto no exterior se verificavam oscilações de cerca de 25 a 40%.

Através da análise dos resultados, verifica-se que a mais-valia deste tipo de construção é a capacidade que o edifício apresenta como regulador da humidade relativa relacionada com as propriedades da madeira, que como material higroscópico absorve ou liberta água de forma a encontrar um ponto de equilíbrio com o meio ambiente. Mesmo no período do inverno, e considerando que o local de implantação do edifício é um local com muita humidade, o interior do edifício mantém uma percentagem de humidade relativa menor e mais constante que no exterior. Assim, em relação à humidade, as propriedades da madeira revelam-se como fator essencial para o conforto dos utilizadores.

Alguns testemunhos da população afirmam que apesar de se tratar de construções em que o conforto não é total, são ainda assim, os palheiros são mais confortáveis do que as habitações em alvenaria que os substituíram. Os palheiros de Praia de Mira são exemplo da interação entre construção e lugar, mas é também preciso compreender que tiveram na sua origem condicionantes que fazem parte do passado, e por isso não faz sentido imitar esta arquitetura, mas sim interpretá-la e se possível atualizá-la de forma sustentável e coerente.

A utilização do *software* DesignBuilder permitiu a simulação dinâmica do edifício analisado, bem como estudar vários cenários. A aproximação da simulação com a realidade foi possível, mas para uma simulação mais rigorosa, avaliações mais profundas ao edifício e às suas características e um maior conhecimento do *software* eram necessárias. Se estes dois fatores forem atendidos, a simulação dinâmica do edifício pode ser uma mais-valia para uma análise mais completa e rigorosa. A utilização do *software* permite também a comparação entre edifícios tradicionais e modernos, incluídos na mesma região. Essa tentativa foi realizada, mas para tirar conclusões mais acertadas, a afinação do modelo teria de ser mais rigorosa.

No caso de estudo, algumas alterações seriam necessárias para que o comportamento térmico, durante a estação de aquecimento, fosse melhorado. Uma melhoria no isolamento térmico deste elemento tornaria possível o controlo das flutuações de temperatura interior e a redução das

perdas de calor, ou uma maior estanquidade ao ar dos elementos da envolvente de forma a reduzir as infiltrações de ar. A melhoria das caixilharias também é uma medida importante a considerar. Contudo estas medidas não devem descaracterizar o edifício e afastá-lo das suas origens, devem ser adaptadas para que não sejam perçecionadas. A avaliação qualitativa do comportamento dos edifícios vernáculos é essencial ao desenvolvimento de operações de manutenção e reabilitação dos mesmos.

Os resultados desta investigação permitem afirmar que as estratégias utilizadas na arquitetura do litoral central possuem potencial de adaptação, contribuindo para uma otimização da utilização da madeira como material de construção. A arquitetura vernácula é o testemunho irrefutável de que os edifícios poderão coexistir de forma mais eficiente e harmoniosa com a natureza.

No contexto atual, o estudo deste e de outros tipos de arquitetura vernácula é imperativo, pois as construções vernáculas são um modelo de sabedoria na utilização de recursos e adaptação ao meio, características fundamentais para os desafios do futuro.

O Ser Humano em tempos de adversidade adapta-se, e é essa característica que é necessária neste momento. Em resumo, a investigação da arquitetura vernácula pode alterar a conotação desta como um tipo de construção associado à necessidade e desconforto, e contribuir para uma potencial adaptação deste tipo de arquitetura à contemporaneidade. Esta mudança de paradigma pode fomentar a conservação do património vernáculo que se assume também como uma causa social de preservação da herança dos nossos antepassados. Com base nesta afirmação, salienta-se uma vez mais, o apelo à necessidade de preservar os edifícios de arquitetura vernácula portuguesa, que de forma tão marcante caracterizam um povo orgulhoso da sua herança e da sua cultura. Ao aglomerar a sabedoria ancestral da arquitetura vernácula com o conhecimento atual sustentável permite a possibilidade de um futuro promissor para a construção, no qual se junta a modernidade à tradição.

## **8.2. Perspetivas para o futuro**

Hoje é modernidade viver com o passado. O passado serve para evidenciar as nossas falhas e dar-nos indicações para o progresso do futuro. Exemplo disso é arquitetura vernácula, sejam

palheiros ou casas transmontanas, todos os tipos de arquitetura vernácula têm estratégias ou relações com o meio em que se inserem com que os técnicos de hoje ou amanhã podem aprender.

Em contraponto com a analogia que se fez anteriormente, os edifícios vernáculos não são precisamente o mesmo que as espécies naturais, dado que, enquanto uma planta ou espécie animal extinta está perdida para sempre, os artefactos podem ser recriados, pelo menos em parte, desde que tenham sido registados. Os palheiros, ou outro tipo de arquitetura vernácula, por se tratar de um tipo de construção efémero, reforça a necessidade do seu estudo e tratamento. Pois só assim é possível perceber que estratégias do conhecimento dos nossos antepassados é possível adaptar.

Tal como foi referido, o estudo da arquitetura vernácula é extenso e as suas vertentes dificilmente são abrangidas na sua totalidade, a investigação efetivada nesta dissertação caracteriza apenas um entre muitos exemplares deste tipo de construção. Neste sentido, o estudo de um número representativo de edifícios é aconselhável, que deste modo possibilitem constatar se as estratégias utilizadas surtem efeitos semelhantes ou distintos aos aferidos no caso de estudo. Será de grande interesse a análise de um caso de estudo que não possua isolamento térmico, de forma a perceber qual seria o desempenho deste tipo de construção na sua configuração original.

Outra questão que pode ser mais aprofundada no futuro, é a medição de mais propriedades deste tipo de construção, como por exemplo a caracterizam das propriedades higroscópicas no controlo de humidade ou na definição exata da taxa de ventilação/renovação de ar do edifício através do ensaio da porta ventiladora ou semelhante.

A análise da arquitetura vernácula portuguesa deverá também incluir um estudo de comparação entre edifícios tradicionais e modernos, incluídos na mesma região, de forma a identificar os pontos fortes da construção vernácula, permitindo colmatar as falhas dos edifícios de construção moderna com as estratégias tradicionais. Quando essa comparação real não é possível, a utilização de ferramentas que permitem a simulação dinâmica dos edifícios



(DesignBuilder, EnergyPlus, entre outros) permite realizar uma análise mais completa e rigorosa, e o estudo de cenários alternativos. O desenvolvimento desta análise iniciada neste estudo é relevante para perceber mais aprofundadamente os benefícios e desvantagens dos diferentes sistemas construtivos no mesmo local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAVV (1988) *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Edited by A. da M. Antunes and J. Norberto. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses.

Ábalos, I. (2009) ‘Beauty from Sustainability?’, *Harvard Design Magazine* 30, 1(Sustainability), pp. 14–17.

Amado, M. P. *et al.* (2015) *Construção Sustentável Conceito e Prática*. Caleidoscópio - Edição e Artes Gráficas, SA.

Andrade, A. (2001) *Praia da Tocha: palheiros da Tocha*. Edited by Associação de Moradores da Praia da Tocha. Praia da Tocha.

Anjos, M. A. S. and Camões, A. (2014) ‘Betão auto-compactável eco-eficiente de reduzido teor em cimento com incorporação de elevado volume de cinzas volantes e metacaulino’, *Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis*, pp. 17–26.

ASHRAE 55 (2003) *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, *Ashrae*. doi: ISSN 1041-2336.

Berge, B. (2000) *The Ecology of Building Materials*. Edited by A. Press. Oxford.

BPIE, (Buildings Performance Institute Europe) (2014) ‘Alleviating fuel poverty in the EU: investing in home renovation, a sustainable and inclusive solution’. Edited by B. Atanasiu, E. Kontonasiou, and F. Mariottini, p. 56.

Bragança, L. and Mateus, R. (2006) *Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção*. Porto: Edições Ecopy.

Brito, R. S. de (1960) *Palheiros de Mira - Formação e Declínio de um Aglomerado de Pescadores*. Lisboa: Instituto de Alta Cultura/Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

Cachim, P. B. (2014) *Construção em Madeira - A Madeira como Material de Construção*. 2ª Edição. Porto: Publindústria.

Calor, I. (2011) ‘Técnicas Construtivas Avieiras. Tradição e inovação no sistema palafítico.’, *e-LP Engineering and Technology Journal*, II, pp. 63–73.

- Cañas, I. and Martín, S. (2004) 'Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture', *Building and Environment*, 39(12), pp. 1477–1495. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132304001295> (Accessed: 11 July 2017).
- Cardinale, N., Rospi, G. and Stefanizzi, P. (2013) 'Energy and microclimatic performance of Mediterranean vernacular buildings: The Sassi district of Matera and the Trulli district of Alberobello', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 59(January), pp. 590–598. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.10.006.
- CMM (2017a) *Capela de N.ª Sr.ª da Conceição, Património Edificado*. Available at: <https://www.cm-mira.pt/node/204> (Accessed: 31 August 2017).
- CMM (2017b) *Posto de Turismo, Turismo*. Available at: <https://www.cm-mira.pt/node/129> (Accessed: 31 August 2017).
- Coch, H. (1998) 'Chapter 4—Bioclimatism in vernacular architecture', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1–2), pp. 67–87. doi: 10.1016/S1364-0321(98)00012-4.
- Coelho, A. C., Branco, J. M. and Gervásio, H. (2012) 'Life-cycle assessment of a single-family timber house', *1st International Conference on Building Sustainability Assessment BSA 2012*, pp. 533–542.
- Coelho, A. C. F. (2012) *A Sustentabilidade do Uso da Madeira na Construção*. Universidade do Minho.
- Coelho, R. P. (2008) *Praia de Mira, Coleção de Postais Antigos da Praia de Mira*. Available at: <http://praia-de-mira.com>.
- Correia, E. A. S. (2009) *Análise e Dimensionamento de Estruturas de Madeira*. Universidade do Porto.
- Despacho n.º 15793-F (2013) 'Zonamento Climático', *Diário da República*, 2.ª série(234), pp. 26–31.
- Diário da República (2006) 'Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006', *Diário da República - I Série - A - n.º 67*, p. 46(2468-2513).
- Dili, A. S., Naseer, M. A. and Zacharia Varghese, T. (2010) 'Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer', *Energy and Buildings*, 43(2–3), pp. 653–664.

Duque, J. J. (2003) *Contributos para uma arquitectura transitória no litoral da região do Porto*. Univerddidade do Porto - Faculdade de Engenharia.

EN 1521 (2006) *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lightning and acoustics*.

EN ISO 7726 (1998) *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*.

EN 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*.

European Comission (2016) ‘Urban Europe: Statistics on Cities, Towns and Suburbs’, (April 2016), p. 282. doi: 10.2785/91120.

European Commission (2014) ‘Taking stock of the Europe 2020 strategy for smart, sustainable and inclusive growth’, *Communication From the Commission To the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, p. 21.

European Commission (2016) ‘The European construction sector: a global partner’, *European Commission*, p. 16.

Eurostat (2010) ‘Using official statistics to calculate greenhouse gas emissions: A statistical guide’, *Statistical books*, (Environment and energy), p. 94. doi: 10.2785/3842.

Eurostat (2014) ‘Living Conditions in Europe’, *Statistical books*, 1(Population and social conditions), p. 129. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Eurostat (2015) ‘Sustainable development - consumption and production’, *Statistics Explained*, (July), pp. 1–31.

Eurostat (2017a) ‘Climate change - driving forces’, *Statistics Explained*, (February), pp. 1–30. Available at: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Climate\\_change\\_-\\_driving\\_forces](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Climate_change_-_driving_forces).

Eurostat (2017b) ‘Consumption of energy’, *Statistics Explained*, (June), pp. 1–10. Available at: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption\\_of\\_energy](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy).

Fernandes, J. (2012) *O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a*

*Sustentabilidade dos Edifícios*. Universidade do Minho.

Fernandes, J. *et al.* (2015) ‘Contribution of Portuguese Vernacular Building Strategies to Indoor Thermal Comfort and Occupants’ Perception’, *Buildings*, 5(4), pp. 1242–1264. doi: 10.3390/buildings5041242.

Fernandes, J., Mateus, R. and Bragança, E. L. (2016) ‘Arquitetura Vernácula Portuguesa: Lições De Sustentabilidade Para a Arquitetura Contemporânea’, pp. 773–789.

Gallo, C. (1994) ‘Bioclimatic architecture’, *Renewable Energy*, 5(5), pp. 1021–1027. Available at: <http://econpapers.repec.org/RePEc:eee:renene:v:5:y:1994:i:5:p:1021-1027>.

Gartner, E. M. and MacPhee, D. E. (2011) ‘A physico-chemical basis for novel cementitious binders’, *Cement and Concrete Research*, 41(7), pp. 736–749. doi: 10.1016/j.cemconres.2011.03.006.

Humphreys, M. A. and Nicol, J. F. (2002) ‘The Validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments.’, *Energy and Buildings* 34, pp. 667–684.

ICOMOS (1999) ‘Carta sobre o Património Construído Vernáculo’, in *12.<sup>a</sup> Assembleia Geral do ICOMOS*. Cidade do México: International Council on Monuments and Sites, pp. 1–3.

IM and AEMET (2011) *Atlas Climático Ibérico: Temperatura do Ar e Precipitação (1971-2000)*.

INE and DGEG (2011) *Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico 2010*. Available at:

[https://www.ine.pt/ngt\\_server/attachfileu.jsp?look\\_parentBoui=127228533&att\\_display=n&att\\_download=y](https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=127228533&att_display=n&att_download=y).

IPMA (2014) *Boletim Climatológico Sazonal Outono 2014*. Available at: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2014&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2014>.

IPMA (2015a) *Boletim Climatológico Sazonal Inverno 2014/2015*. Available at: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2015&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2015>.

IPMA (2015b) *Boletim Climatológico Sazonal Outono 2015*. Available at: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2015&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2015>.

IPMA (2015c) *Boletim Climatológico Sazonal Primavera 2015*.

IPMA (2015d) *Boletim Climatológico Sazonal Verão 2015*. Available at: [https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160118/EHqOkNyqVxeHzzqfavaa/cli\\_20150101\\_20151230\\_pcl\\_aa\\_co\\_pt.pdf](https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20160118/EHqOkNyqVxeHzzqfavaa/cli_20150101_20151230_pcl_aa_co_pt.pdf).

IPMA (2016) *Boletim Climatológico Sazonal Inverno 2015/2016*. Available at: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2016&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2016>.

Jesus, C. M. M. de (2013) *Relatório do Mestrado*. Instituto Politécnico de Tomar.

Jorge, P. F. (2005) 'A Arquitetura Popular como transição entre o Vernáculo e o Erudito - Uma tentativa de definição dos diferentes contextos arquitetónicos de raiz não-erudita', p. 19. Available at: [http://www.ces.uc.pt/myces/UserFiles/livros/1097\\_CIAP\\_artigo.pdf](http://www.ces.uc.pt/myces/UserFiles/livros/1097_CIAP_artigo.pdf).

Kibert, C. (1994) 'Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction.', in *First World Conference for Sustainable Construction*. Tampa, Florida: CIB Publications TG 16.

Kimura, K. ichi (1994) 'Vernacular technologies applied to modern architecture', *Renewable Energy*, 5(5–8), pp. 900–907. doi: 10.1016/0960-1481(94)90110-4.

Leal, J. (2008) 'Arquitectos, Engenheiros e Antropólogos: Estudos sobre a Arquitectura Popular no Século XX Português', *Conferência Arquitecto Marques da Silva*.

Leatherbarrow, D. and Wesley, R. (2009) 'Frameworks of Performance and Delight', *Harvard Design Magazine* 30, 1(Sustainability), pp. 84–95.

Lobo, S. L. M. (2012) *Arquitectura e Turismo: Planos e Projectos*. Universidade de Coimbra.

Lourenço, P. B. and Branco, J. (2012) 'Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI', *História da Construção: Arquiteturas e Técnicas Construtiva*, pp. 199–211. Available at: <http://hdl.handle.net/1822/26503>.

Marques, L. E. M. M. (2008) *O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção*. Universidade do Porto.

Martín, S., Mazarrón, F. R. and Cañas, I. (2010) 'Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia', *Construction and Building Materials*, 24(5), pp. 666–676. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2009.11.002.

Martins, S. F. M. F. (2009) *Estruturas de Madeira – Inspeção e Diagnóstico. Aplicação em*

*Caso de Estudo*. Universidade do Minho.

Mascarenhas, J. (2014) *Sistemas de Construção - XIV Construção e Reabilitação Sustentáveis*. Livros Horizonte.

Mateus, R. (2004) *Novas Tecnologias Construtivas Com Vista À Sustentabilidade Da Construção*. Universidade do Minho.

Matias, L. (2010) *TP165 - Desenvolvimento de um Modelo Adaptativo Para a Definição das Condições de Conforto Térmico em Portugal*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Mendonça, P. J. F. de A. U. de (2005) *Habitar Sob uma Segunda Pele - Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Universidade do Minho.

Ministério da Economia e do Emprego (2013) *Decreto-Lei Nº 118/2013*.

Ministério das Obras Públicas (2006) ‘O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)-Decreto-Lei n.o 79/2006’, *Diário da República*, (4 de Abril), p. 53 (2416-2468).

Moutinho, D. F. O. (2007) *Edifícios de construção tradicional em madeira*. FAUP. doi: FAUP P.F.678.

Neves, F. A. da S. O. (2013) *Estudo do comportamento térmico de edifícios de habitação segundo o RCCTE e o REH*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Oliveira, E. V. de and Galhano, F. (1964) *Palheiros do Litoral Central Português*. Lisboa: Instituto de Alta Cultura.

Oliveira, E. V. de and Galhano, F. (1992) *Arquitetura Tradicional Portuguesa*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Oliver, P. (1997) *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Edited by P. Oliver. Cambridge: Cambridge University Press.

Ordem dos Arquitectos (2001) *A Green Vitruvius Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável*. Edited by S. Fausto.

Pacheco-Torgal, F. and Jalali, S. (2012) ‘Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction’, *Construction and Building Materials*. Elsevier Ltd, 29, pp. 512–519. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054.

Padrão, J. A. L. M. (2004) *Técnicas de Inspeção e Diagnóstico em Estruturas*. Universidade

do Porto. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/13399>.

Passer, A., Kreiner, H. and Maydl, P. (2012) ‘Assessment of the environmental performance of buildings: A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings’, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(9), pp. 1116–1130.

Pereira, C. and Cunha, L. F. (2010) *Praia de Mira, Memória Portuguesa*. Available at: <http://terrasdeportugal.wikidot.com/praiade-mira> (Accessed: 16 August 2017).

Pereira, H. A. da C. et al. (2013) *Manual de Simulação Computacional de Edifícios Naturalmente Ventilados no Programa EnergyPlus*. Versão 8.0. Edited by Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Pinheiro, M. D. (2003) ‘Construção Sustentável – Mito ou Realidade?’, *VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente*.

Pinheiro, M. D. (2006) *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.

Pinto, D. F. (2013) *Praia de Mira, A Terceira Dimensão - Fotografia Aérea*. Available at: [http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/search/label/Praia de Mira](http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/search/label/Praia%20de%20Mira) (Accessed: 3 November 2017).

Portela, H., Ferreira, V. M. and Velosa, A. (2017) ‘Reabilitação Sustentável de Edifícios de Construção Tradicional’, in Costa, A., Velosa, A., and Tavares, A. (eds) *Congresso da Reabilitação do Património*. Aveiro: Universidade de Aveiro, p. pp 423-430.

Pye, S. and Dobbins, A. (2015) ‘Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU : analysis of policies and measures’, *Policy Report-INSIGHT\_E*, p. 91.

Reigota, J. (2000) *A Gândara Antiga. Conselhos de Cantanhede, Mira e Vagos*. Edited by Centro de Estudos do Mar e das Navegações Luís Albuquerque. Cantanhede - Mira - Vagos.

Rodrigues, M. R. (2016) *Babytime, #BUNGALLOWS DE MIRA: UM REFÚGIO DE SONHO EM FAMÍLIA!* Available at: <http://www.blogbabytime.com/2016/09/bungalows-de-mira-um-refugio-de-sonho.html> (Accessed: 31 August 2017).

Santos, C. A. P. dos and Matias, L. (2006) ‘ITE 50’. Lisboa: LNEC, p. 172.

Santos, N. M. dos (2016) *Arquitetura e Memória. O palheiro como objeto de identidade territorial*. Universidade de Coimbra.

Sassi, P. (2006) *Strategies for Sustainable Architecture*. Taylor & Francis. doi: 10.1108/ijshe.2007.24908aae.004.



Sayigh, A. and Marafia, A. H. (1998) ‘Chapter 2—Vernacular and contemporary buildings in Qatar’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1–2), pp. 25–37. doi: 10.1016/S1364-0321(98)00010-0.

Schittich, C. (2003) *Solar Architecture*. InDetail.

Serra, A. H. G. F. (2012) *Análise de Patologias de Estruturas Construídas em Ambiente Marítimo*. Universidade do Porto.

Serrano, J. M. (2014) ‘Factores identitários da cultura Avieira’, in Godinho, P. and Redol, A. M. (eds) *Alves Redol - O olhar das ciências sociais*. Lisboa: Edições Colibri, pp. 479–502.

Silva, H. J. B. da (2015) *Um paradigma do território enquanto matéria construtiva: o Museu Arqueológico do Foz Côa*. Universidade Lusíada de Lisboa.

Silva, M., Mendonça, P. and Branco, J. M. (2011) ‘Reabilitação de casas tradicionais em madeira do litoral norte e centro de Portugal’, *CIMAD 11--1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção*, (July).

Silva, P. C. P. da (2006) *Análise do Comportamento Térmico de Construções não Convencionais através de Simulação em VisualDOE*. Universidade do Minho.

Singh, M. K., Mahapatra, S. and Atreya, S. K. (2008) ‘Thermal Performance Study on Vernacular Architecture of North-East India’, *International Congress on Renewable Energy 2008*, (October 2008). doi: 10.13140/2.1.3776.0806.

Singh, M. K., Mahapatra, S. and Atreya, S. K. (2011) ‘Solar passive features in vernacular architecture of North-East India’, *Solar Energy*, 85(9), pp. 2011–2022. doi: 10.1016/j.solener.2011.05.009.

Sousa, J., Silva, S. and Almeida, M. (2012) ‘Enquadramento Energético do Sector Residencial Português’, in Almeida, M. et al. (eds) *Seminário Reabilitação Energética de Edifícios*. Guimarães: Universidade do Minho, pp. 49–57.

Thomson, H. and Snell, C. (2013) ‘Quantifying the prevalence of fuel poverty across the European Union’, *Energy Policy*. Elsevier, 52, pp. 563–572. doi: 10.1016/j.enpol.2012.10.009.

Tomé, J. F. R. (2015) *A Gândara - Determinantes naturais e ocupação de um território*.

União Europeia (2012) *Diretiva 2012/27/UE*, *Jornal Oficial da União Europeia*. Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2012.

Ürge-Vorsatz, D. et al. (2007) ‘Mitigating CO2 emissions from energy use in the world’s

buildings’, *Building Research & Information*. Routledge, 35(4), pp. 379–398. doi: 10.1080/09613210701325883.

Vara, Â. F. F. (2015) *Estudo Comparativo Entre Estruturas em Madeira e Estruturas em Betão Armado*. Universidade de Évora.

Vaz, S. M. (2008) *Avaliação Técnica e Económica de Casas Pré-fabricadas em Madeira Maciça*. Universidade do Porto.

Vellinga, M. (2013) ‘The noble vernacular’, *Journal of Architecture*, 18(4), pp. 570–590. doi: 10.1080/13602365.2013.819813.

Zardini, M. *et al.* (2008) ‘( Against ) the Greenwashing of Architecture’, in R. Ghosn (ed.) *New Geographies 02: Landscapes of Energy*. Cambridge: Harvard University Press, pp. 139–147.

Zwerger, K. (2012) *Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe and Japan*. doi: 10.1515/9783034612678.



## **ANEXOS**



## ANEXO I – Inquérito sobre a percepção da qualidade do ambiente interior



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia



Laboratório de Física e  
Tecnologia das Construções

### INQUÉRITO SOBRE: PARÂMETROS DE CONFORTO

Este trabalho enquadra-se num projecto de investigação que se encontra a ser desenvolvido pelo Laboratório de Física e Tecnologia das Construções (LFTC) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

Este inquérito tem como objectivo avaliar a opinião dos ocupantes deste espaço relativamente aos ambientes térmico, lumínico, acústico e de qualidade do ar, com o objectivo de identificar o modo como cada um influencia o conforto global percebido pelos ocupantes.

Os resultados deste inquérito complementarão a avaliação experimental de vários parâmetros ambientais que é efectuada em simultâneo.

A sua participação é fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste estudo, pelo que se solicita que responda objectivamente e com franqueza às questões que lhe são apresentadas.

Os dados obtidos no questionário serão apenas usados para fins estatísticos.

Muito obrigado pela sua disponibilidade e colaboração!



## Inquérito sobre a percepção da Qualidade do Ambiente Interior

Data:		Inquérito n.º:	
Hora:		Auditor:	
Nome do ocupante:		Posição do ocupante no compartimento	
Idade:	Sexo:		
Peso:	Altura:		
Naturalidade:			
Existe algum motivo de ordem fisiológica que possa condicionar a sua percepção de conforto? Sim: Não:			
Temperatura aproximada do ar exterior: °C			
Céu		Tipo de compartimento/edifício:	
Limpo:	Sol e nuvens:	Encoberto:	Humidade relativa exterior (%):
Condições sazonais		Temperatura interior (°C):	
Inverno:	Primavera:	Verão:	Humidade (%):
Outono:			
Equipamento (equipamentos presentes no compartimento que ligados contribuam para o aumento ou redução de calor ex: computadores, ventoinhas, TV, etc.)			
Item:	Quantidade:	Total de calor adicionado/subtraído	
Nível de actividade do ocupante:		Metabolismo (met)	
1. Reclinado		1. 0,8 met	
2. Sentado, Quietos		2. 1,0 met	
3. Escritório, Escola		3. 1,2 met	
4. Em pé, relaxado		4. 1,2 met	
5. Em pé, actividade ligeira		5. 1,6 met	
6. Em pé, actividade média		6. 2,0 met	
7. Actividade intensa		7. 3,0 met	
Vestuário do ocupante: Assinale nos quadros da página seguinte <u>todas as peças de vestuário</u> que tem vestidas neste momento.		Isolamento térmico do vestuário	
		Total Icl= _____ clo	

Vire a página por favor.



#### Camisa/Blusa

de verão, manga comprida	(0,15)	<input type="checkbox"/>
de verão, manga curta	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de flanela	(0,30)	<input type="checkbox"/>
T-shirt	(0,09)	<input type="checkbox"/>
pólo de malha	(0,17)	<input type="checkbox"/>

#### Calça

de verão	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de meia estação / ganga	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,28)	<input type="checkbox"/>
calções	(0,08)	<input type="checkbox"/>
macacão	(0,30)	<input type="checkbox"/>

#### Saia

de verão	(0,15)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,25)	<input type="checkbox"/>

#### Sapatos

sola fina / ténis de pano	(0,02)	<input type="checkbox"/>
sola grossa / ténis desportivos	(0,04)	<input type="checkbox"/>
sandália / chinelo	(0,02)	<input type="checkbox"/>
bota	(0,10)	<input type="checkbox"/>

#### Roupa interior

camisola de alças	(0,04)	<input type="checkbox"/>
camisola de manga curta	(0,09)	<input type="checkbox"/>
camisola de manga comprida	(0,12)	<input type="checkbox"/>
cueca / slíp	(0,03)	<input type="checkbox"/>
boxer	(0,04)	<input type="checkbox"/>
sutiã	(0,01)	<input type="checkbox"/>
combinação	(0,15)	<input type="checkbox"/>
ceroula	(0,10)	<input type="checkbox"/>

#### Vestido

de verão	(0,20)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,40)	<input type="checkbox"/>

#### Camisola / Pulóver

de verão	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,36)	<input type="checkbox"/>
sem mangas	(0,22)	<input type="checkbox"/>
sweat-shirt	(0,30)	<input type="checkbox"/>

#### Meias

finas	(0,02)	<input type="checkbox"/>
grossas, pelo tornozelo	(0,05)	<input type="checkbox"/>
grossas, pelo joelho	(0,10)	<input type="checkbox"/>
de nylon	(0,03)	<input type="checkbox"/>
collants	(0,10)	<input type="checkbox"/>

#### Blazer / Blusão

de verão	(0,25)	<input type="checkbox"/>
de inverno	(0,35)	<input type="checkbox"/>
colete	(0,12)	<input type="checkbox"/>
casaco	(0,60)	<input type="checkbox"/>
parka	(0,70)	<input type="checkbox"/>

#### Outras peças de roupa


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

Sensação de conforto térmico no espaço onde se encontra o ocupante (indique o que é mais apropriado)	Escala de sensação térmica
1. Muito quente	1. +3
2. Quente	2. +2
3. Ligeiramente quente	3. +1
4. Neutro (confortável)	4. 0
5. Ligeiramente frio	5. -1
6. Frio	6. -2
7. Muito frio	7. -3

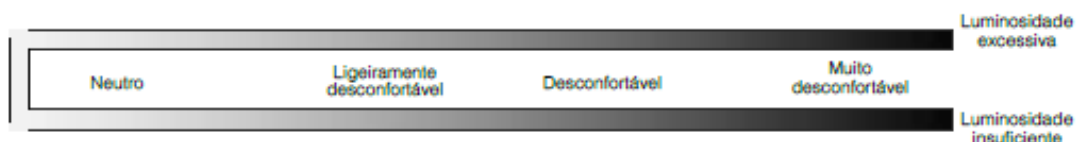
Vire a página por favor.





Por favor, assinale nas escalas seguintes (colocando um cruz sobre a escala ) a posição que melhor representa a sua sensação de desconforto no local onde se encontra e no período em que foram executadas as medições experimentais.

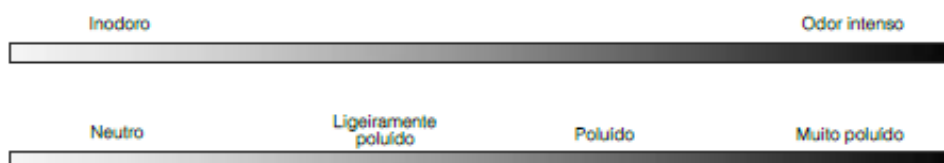
Considerando apenas a iluminação, como descreve a sua sensação de desconforto?



Considerando apenas o nível de ruído, como descreve a sua sensação de desconforto?



Considerando apenas a qualidade do ar, como descreve o ambiente e a sua sensação de desconforto?



Considerando os parâmetros de conforto avaliados nas respostas anteriores, indique como classifica a sua sensação de desconforto global.



Agradecemos o tempo despendido no preenchimento deste inquérito.



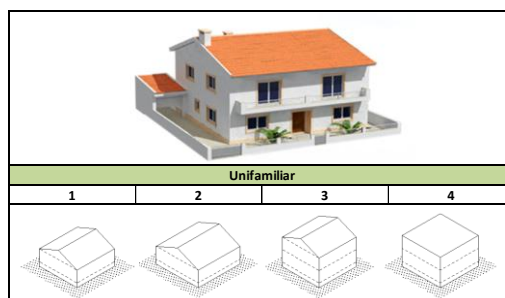


## ANEXO III – Informação recolhida nos inquéritos

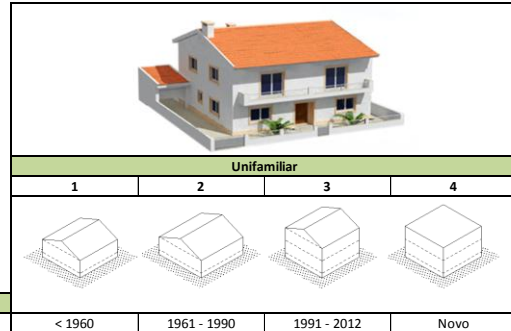
Data	Sexo	Idade	Peso (kg)	Altura (m)	Motivo de ordem fisiologica	Temp. aprox. ext (C°)	Céu	Estação	Nível Atividade	(met)	Isol. Vestuário (clb)	Sensação conforto
07/11/2014	M	33	90	1,80	N	20	Encoberto	Outono	3	1,2	0,7	Neutro
07/11/2014	M	32	72	1,90	N	18	Encoberto	Outono	4	1,2	1,01	Neutro
07/11/2014	F	41	80	1,70	S (tiroíde)	16	Encoberto	Outono	3	1,2	1,8	Frio
18/12/2014	M	32	72	1,90	N	12	Limpo	Outono	5	1,6	1,14	Lig. Frio
18/12/2014	F	41	80	1,70	S (tiroíde)	14	Limpo	Outono	3	1,2	1,32	Frio
09/02/2015	F	42	80	1,70	S (tiroíde)		Limpo	Inverno	3	1,2	1,32	Frio
09/02/2015	M	32	72	1,90	N	10	Limpo	Inverno	5	1,6	1,44	Neutro
11/04/2015	M	33	72	1,90	N	18	Limpo	Primavera	5	1,6	0,69	Neutro
11/04/2015	F	42	80	1,70	S (tiroíde)	18	Limpo	Primavera	3	1,2	1,36	Frio
11/04/2015	M	31	80	1,90	N	16	Limpo	Primavera	2	1	1,43	Neutro
11/05/2015	M	33	72	1,90	N	26	Limpo	Primavera	5	1,6	0,43	Neutro
11/05/2015	F	42	80	1,70	S (tiroíde)	20	Sol e nuvens	Primavera	3	1,2	1,09	Lig. Frio
11/05/2015	M	17	85	1,78	N	20	Limpo	Primavera	3	1,2	0,45	Neutro
11/05/2015	F	17	67	1,58		21	Limpo	Primavera	3	1,2	0,47	Neutro
12/07/2015	M	33	72	1,90	N	28	Limpo	Verão	4	1,2	0,44	Neutro
12/07/2015	F	42	60	1,55	N	23	Limpo	Verão	3	1,2	0,51	Neutro
18/10/2015	M	33	75	1,90	N	17	Encoberto	Outono	4	1,2	0,65	Neutro
18/10/2015	M	34	89	1,81	N	18	Encoberto	Outono	2	1	0,86	Neutro
10/01/2016	M	34	89	1,81	N	17	Encoberto	Inverno	4	1,2	1,04	Neutro
10/01/2016	M	33	75	1,90	N	14	Encoberto	Inverno	4	1,2	1,05	Lig. Frio



## ANEXO IV – Informação da base de dados da ADENE



		Edifício	Unid.	Fonte						
		Ano de Construção	[ano]	BI ADENE	< 1960	1961 - 1990	1991 - 2012	Novo		
Levantamento Dimensional	Área Útil de Pavimento Média		(1)	[m <sup>2</sup> ]	Atribuído	80	100	155	165	
	Pé-direito		(2)	[m]	Atribuído	2,7	2,7	2,6	2,7	
	Configuração	Tipologia	-	-	BI ADENE	T2	T3	T3	T3	
		Numero de Pisos	(3)	-	Atribuído	1	1	2	2	
	Numero de Frentes		(4)	-	Atribuído	4	4	4	4	
	Cobertura	Área	(1)/(3)	[m <sup>2</sup> ]	Atribuído	80,00	100,00	77,50	82,50	
		Coef. redução de perdas	-	-	Atribuído	C/ Desvão 1	C/ Desvão 1	C/ Desvão 1	Exterior Plana -	
	Pavimento	Área contato c/LNU	(1)/(3)	[m <sup>2</sup> ]	Atribuído	80,00	100,00	77,50	82,50	
		Tipo	-	-	Atribuído	ENU	ENU	ENU	ENU	
		Coef. redução de perdas	-	-	Atribuído	0,8	0,8	0,8	0,8	
	Envoltivo Vertical	Largura Média da Fachada		(5)	[m]	[(1)/(3)] <sup>1/2</sup>	8,94	10,00	8,80	9,08
		Área Total de Fachadas		(6)	[m <sup>2</sup> ]	(2)x(3)x(4)x(5)	96,55	108,00	183,04	196,13
		Área de Envoltivo Exterior Opaca		(7)	[m <sup>2</sup> ]	(6)-(9)	84,55	93,00	152,04	163,13
		Área de Env. Exterior Opaca Sul		-	[m <sup>2</sup> ]	(7)/(4)-(10)	21,14	23,25	38,01	37,48
		Área de Env. Exterior Opaca Norte		-	[m <sup>2</sup> ]	(7)/(4)-(11)	21,14	23,25	38,01	44,08
		Área de Env. Exterior Opaca Este		-	[m <sup>2</sup> ]	(7)/(4)-(12)	21,14	23,25	38,01	40,78
		Área de Env. Exterior Opaca Oeste		-	[m <sup>2</sup> ]	(7)/(4)-(13)	21,14	23,25	38,01	40,78
Área Envidraçado/Área de Pavimento		(8)	[%]	Amostra aleatória de 20 CEs	11,45%	13,56%	17,05%	17,95%		
Área de Envidraçados		(9)	[m <sup>2</sup> ]	Atribuída (1)x(8)	12,00	15,00	31,00	33,00		
Área de Envid. a Sul		(10)	[m <sup>2</sup> ]	-	3,00	3,75	7,75	11,55		
Área de Envid. a Norte		(11)	[m <sup>2</sup> ]	-	3,00	3,75	7,75	4,95		
Área de Envid. a Este		(12)	[m <sup>2</sup> ]	-	3,00	3,75	7,75	8,25		
Área de Envid. a Oeste		(13)	[m <sup>2</sup> ]	-	3,00	3,75	7,75	8,25		
Sistemas	Natural/Mecânica		-	-	BI ADENE	Natural	Natural	Natural	Natural	
	Ventilação	RPH mínimo de Inverno	[h <sup>-1</sup> ]	BI ADENE	0,40	0,40	0,40	0,40		
		RPH mínimo de Verão	[h <sup>-1</sup> ]	BI ADENE	0,60	0,60	0,60	0,60		
	Coletores Solares Térmicos		-	-	Atribuído	Não Instalado	Não Instalado	Não Instalado	Instalado	
	Sistema de AQS		-	-	BI ADENE	Esquentador	Esquentador	Esquentador	Esquentador	
Sistema de Aquecimento		-	-	BI ADENE	Não Instalado	Não Instalado	Não Instalado	Não Instalado		
Sistema de Arrefecimento		-	-	BI ADENE	Não Instalado	Não Instalado	Não Instalado	Não Instalado		
Inércia Térmica			-	-	BI ADENE	Média	Média	Média	Média	
O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?			-	-	Atribuído	Sim	Sim	Sim	Sim	
Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica ≥ 0.25 m <sup>2</sup> ·°C/W?			-	-	Atribuído	Não	Não	Não	Sim	
Os chuveiros ou sistemas de duche da fracção possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?			-	-	Atribuído	Não	Não	Não	Não	

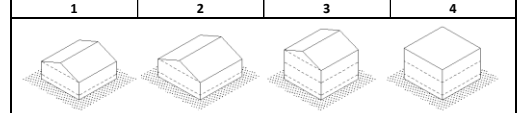


			Unifamiliar			
			1	2	3	4
<b>Edifício</b>	<b>Unid.</b>	<b>Fonte</b>				
Ano de Construção	[ano]	BI ADENE	< 1960	1961 - 1990	1991 - 2012	Novo

Envoltura exterior	Paredes	Coef. Transmissão térmica	[W/m².°C]	Tipificação da Solução	Parede de alvenaria ordinária de pedra, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 50 cm.	Parede simples de alvenaria de tijolo furado de 22, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 26 cm.	Parede dupla de alvenaria de tijolo furado 11x11, c/ 3cm de XPS, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 30 cm.	Ref. RCCTE
		Cor	-	Atribuido	2,00	Clara	Clara	Clara
	Fachada Ventilada?	-	Atribuido	Não	Não	Não	Não	
Coberturas	Coef. Transmissão térmica	[W/m².°C]	Tipificação da Solução	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, laje aligeirada de blocos cerâmico c/esp. de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, laje aligeirada de blocos cerâmico c/esp. de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, c/ 3cm de XPS, laje aligeirada de blocos cerâmico de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Ref. RCCTE	
	Cor	-	Atribuido	2,80	Clara	Clara	Clara	
Pavimentos	Coef. Transmissão térmica	[W/m².°C]	Tipificação da Solução	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, 3 cm de XPS, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Ref. RCCTE	
		-	Atribuido	2,10	2,10	0,78		
PTPs	Coef. Transmissão térmica	-		S/ PTP	C/ PTP Majoração 35%	C/ PTP Majoração 35%	C/ ou S/ PTL Majoração 35%	
Envidraçados	Caixilharia	-	Atribuido	Madeira	Metálica S/ CT Correr	Metálica S/ CT Correr	Metálica C/ CT Correr	
	Tipo de vidro	-	Atribuido	Simples Corrente	Simples Corrente	Duplo Corrente	Duplo Corrente	
	Coef. Transmissão térmica (W/m².°C)	[W/m².°C]	BI ADENE	4,4	4,3	3,3	2,8	
	Factor Solar (FS) vidro	-	Atribuido	5,1	4,1	3,1	Ref. RCCTE	
	Proteção Solar	-	Atribuido	0,85	0,85	0,75	0,75	
	FS Global Prot. Móveis e Fixas Activadas	-	BI ADENE	0,42	0,36	0,30	0,21	
		-	Atribuido	0,38	0,30	0,04	0,04	
Fracção Envidraçada	-	Atribuido	0,65	0,7	0,7	0,7		
Existe obstruções?	-	Atribuido	20º	20º	20º	20º		
Vãos opacos exteriores	-	Atribuido	-	-	-	-		
Paredes enterradas	-	Atribuido	-	-	-	-		
Pavimentos enterrados (z>0)	-	Atribuido	-	-	-	-		
Pavimentos térreos (z≤0)	-	Atribuido	-	-	-	-		
Pontes Térmicas Lineares	Fachada com pavimentos térreos	[m]	-	0	0	0	0	
	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	[W/m².°C]	Regulamentar	35,76	40	35,2	36,32	
		[W/m².°C]	Regulamentar	0,70	0,7	0,35	0,5	
	Fachada com pavimento de nível intermédio	[m]	[(5)x(3)x(4)]	0	0	70,4	72,64	
		[W/m².°C]	Regulamentar	-	-	0,5	0,5	
	Fachada com varanda	[m]	-	0	0	0	0	
		[W/m².°C]	Regulamentar	-	-	-	-	
	Fachada com cobertura	[m]	[(5)x(4)]	35,76	40	35,2	36,32	
		[W/m².°C]	Regulamentar	0,7	0,7	1	0,5	
	Dois paredes verticais em ângulo saliente	[m]	[(2)x(3)x(4)]	10,8	10,8	20,8	21,6	
	[W/m².°C]	Regulamentar	0,5	0,5	0,5	0,4		
Fachada com caixilharia	[m]	[(8)/1,2x4]	40	50	103,3333333	110		
	[W/m².°C]	Regulamentar	0,25	0,25	0,25	0,2		
Zona da caixa de estores	[m]	[(8)/1,2] ou 0	0	0	25,83333333	27,5		
	[W/m².°C]	Regulamentar	-	-	0,3	0,2		



Unifamiliar



Edifício	Unid.	Fonte				
Ano de Construção	[ano]	BI ADENE	< 1960	1961 - 1990	1991 - 2012	Novo

Envoltente interior	Paredes	Coef. Transmissão térmica	[W/m <sup>2</sup> .°C]	Tipificação da Solução	Parede de alvenaria ordinária de pedra, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 50 cm.	Parede simples de alvenaria de tijolo de furado de 22, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 26 cm.	Parede simples de alvenaria de tijolo de furado de 22, rebocada em ambas as faces, c/ esp. de 26 cm.	Ref. RCCTE	
				Atribuído	1,69	1,62	1,62		
	Coberturas	Coef. Transmissão térmica	[W/m <sup>2</sup> .°C]	Tipificação da Solução	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, laje aligeirada de blocos cerâmico c/esp. de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, laje aligeirada de blocos cerâmico c/esp. de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Cobertura incl. rev. c/ telha cerâmica, c/ 3cm de XPS, laje aligeirada de blocos cerâmico de 15 cm e rev. do teto de 2cm em estuque.	Ref. RCCTE	
				Atribuído	2,80	2,80	0,94		
	Pavimentos	Coef. Transmissão térmica	[W/m <sup>2</sup> .°C]	Tipificação da Solução	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Revestimento em ladrilho, 4 cm de betonilha, 3 cm de XPS, laje aligeirada de 15 cm e rev. de teto c/ 2 cm em reboco.	Ref. RCCTE	
				Atribuído	1,65	1,65	0,71		
	Espaço não-útil		-	Atribuído	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável	
	Paredes interiores		-	Atribuído	-	-	-	-	
	Pavimentos interiores		-	Atribuído	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável	
	Coberturas interiores		-	Atribuído	-	-	-	-	
	Vãos interiores		-	Atribuído	-	-	-	-	
	Pontes Térmicas Lineares	Fachada com pavimentos térreos	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0
			[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-
		Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0
			[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-
Fachada com pavimento de nível intermédio		[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0	
		[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-	
Fachada com varanda		[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0	
		[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-	
Fachada com cobertura	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0		
	[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-		
Duas paredes verticais em ângulo saliente	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0		
	[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-		
Fachada com caixilharia	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0		
	[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-		
Zona da caixa de estores	[m]	-	Regulamentar	0	0	0	0		
	[W/m <sup>2</sup> .°C]	-	-	-	-	-	-		





## **ANEXO V – Artigo publicado no IIENRUCS**

Referência: Leite, L., Fernandes, J., Mateus, R., Gervásio, H., and Silva, S.M., 2017. Desempenho térmico e conforto de construções vernáculas em madeira – os palheiros de Mira. In: L. Bragança, R. Mateus, C. Rocha, J.M. Sousa, L. Duarte, F. Moura, J.C. Bezerra, S.M. Silva, M. de F. Castro, and J. Fernandes, eds. II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana. Lisboa: iiSBE Portugal & Universidade do Minho, 251–260.

# Desempenho térmico e conforto de construções vernáculas em madeira – os palheiros de Mira

**Luís Leite**

Universidade do Minho  
a65191@alunos.uminho.pt

**Jorge Fernandes, MSc**

CTAC, Universidade do Minho  
jepfernandes@me.com

**Ricardo Mateus, PhD**

CTAC, Universidade do Minho  
ricardomateus@civil.uminho.pt

**Helena Gervásio, PhD**

ISISE, FCTUC  
hger@dec.uc.pt

**Sandra M. Silva, PhD**

CTAC, Universidade do Minho  
sms@civil.uminho.pt

## RESUMO

*A construção vernácula caracteriza-se pela relação próxima com as condições locais do meio em que se insere (clima, materiais, economia, cultura, etc.). Os territórios continental e insular de Portugal são marcados pela heterogeneidade entre si pelo que deu origem ao desenvolvimento de diferentes tipos de arquitetura vernácula. As construções vernáculas enfrentam as adversidades dos diferentes locais adaptando-se através de estratégias simples, funcionais e passivas, o que faz com que este tipo de arquitetura seja uma inspiração para a construção contemporânea na procura de soluções sustentáveis. Neste artigo é apresentado um tipo de construção tradicional em madeira, os Palheiros da Praia de Mira. Este tipo de construção utiliza um recurso local, a madeira de pinho, e tenta tirar proveito das características deste num clima húmido e na implantação sobre a areia das dunas. Com o objetivo de perceber o desempenho térmico deste tipo de arquitetura vernácula, foi monitorizado o desempenho térmico e avaliadas as condições de conforto térmico num caso de estudo ao longo das várias estações do ano. Dos resultados obtidos, durante grande parte do tempo de monitorização as condições de conforto térmico mantiveram-se próximas ou em limites aceitáveis, com exceção do período de inverno.*

## INTRODUÇÃO

Os efeitos das alterações climáticas são cada vez mais evidentes, conduzindo a uma premente procura de soluções/alternativas para vários sectores, entre eles o sector da construção — o maior consumidor de materiais e energia e, conseqüentemente, um dos mais poluidores (Berge 2000). Dentro das ações de mitigação destes impactes destacam-se as políticas que fomentam o aumento da eficiência da utilização dos recursos e do desempenho energético de edifícios (European Commission 2016). O setor dos edifícios é estratégico para a implementação destas medidas, já que na União Europeia representa cerca de 40% do consumo total de energia (União Europeia 2012). Em Portugal, o sector doméstico é o terceiro principal consumidor de energia, representando 16% do consumo total de energia final (DGEG 2015).

O estudo e análise das construções vernáculas poderão trazer benefícios para o setor da construção, principalmente por estas serem um tipo de arquitetura que se adapta ao clima local e que,

consequentemente, poderão ter um contributo positivo para a redução da utilização de energias de fonte não renovável (Kimura 1994). Assim, as construções vernáculas são pertinentes casos de estudo com potencial de aplicação à construção contemporânea e possível contributo para uma construção mais sustentável, através das suas estratégias de adaptação ao clima e reduzido índice tecnológico (Fernandes et al. 2016).

As construções vernáculas, ao utilizarem materiais locais, possuem um reduzido potencial impacto ambiental e económico. Algumas vantagens da utilização de materiais locais são: reduzidas necessidades de transporte; necessitam de pouco processamento e consequentemente possuem baixa energia incorporada e reduzidas emissões de dióxido de carbono; são materiais naturais, muitas vezes orgânicos, biodegradáveis e renováveis; e apresentam baixa manutenção ou manutenção de baixo custo (Fernandes et al. 2015). Outra vantagem reside em muitos destes materiais usarem no seu processamento mais mão-de-obra e energia solar do que energia fóssil (Sassi 2006). Para além dos materiais, as construções vernáculas utilizam estratégias passivas que visam melhorar a qualidade do ambiente interior por forma a otimizar o conforto aos utilizadores (Dili et al. 2010).

Nos projetos de construção com preocupações de sustentabilidade, os objetivos mais frequentes são: a minimização de consumo de energia; o uso de materiais e produtos ecológicos; a conservação e proteção de recursos hídricos; a preservação da identidade cultural e regional; a otimização do potencial do local; práticas otimizadas de operação e manutenção e ambiente interior saudável e confortável. Estas preocupações e práticas podem ser observadas em grande parte das construções vernáculas. Na verdade, os princípios que são hoje a base do que se designa por “construção sustentável” derivam de estratégias e características da arquitetura vernácula (Cardinale et al. 2013).

A pertinência do tema é demonstrada pelos inúmeros estudos que têm vindo a ser publicados. Para além dos estudos mais vocacionados para análises qualitativas, de forma a identificar as estratégias e as características da arquitetura vernácula, a necessidade de perceber qual o impacto e a influência das estratégias passivas destes edifícios no seu desempenho térmico têm dado origem à publicação de mais, mais estudos quantitativos. É de realçar também o facto de estes estudos terem origem em diferentes partes do mundo, como são exemplo os trabalhos de Cardinale et al. (2013) , Dili et al (2010), Singh et al. (2010), Martín et al. (2010) e Sayigh & Marafia (1998) , e de nestes ter sido demonstrado que os edifícios vernáculos conseguem atingir níveis aceitáveis de conforto térmico ao longo de quase todo o ano recorrendo apenas a estratégias passivas, em certos casos com a temperatura no interior do edifício a permanecer quase constante. O funcionamento passivo e o baixo índice tecnológico das estratégias vernáculas são aspectos adequados para aplicações em edifícios contemporâneos, principalmente na conceção de edifícios-passivos. Por este motivo, a arquitetura vernácula continua a ser objeto de diversos estudos, cujos resultados destacam que a utilização das técnicas vernáculas e materiais locais na conceção de edifícios, desenvolvidos na necessidade de adaptação a um território e clima específicos, contribuirá para a redução do desperdício, dos consumos energéticos e consequentemente das emissões de carbono, entre outros impactos ambientais (Kimura 1994, Cañas and Martín 2004, Singh et al. 2011).

No contexto nacional a situação não é diferente, podendo-se citar o exemplo do estudo que tem vindo a ser desenvolvido por Fernandes et al. (2016; 2015) analisando e avaliando o desempenho térmico de vários tipos de construções vernáculas portuguesas e os contributos que estas podem ter para a sustentabilidade do ambiente construído. Em alguns dos casos de estudo analisados, foi possível atingir o conforto térmico interior durante grande parte do ano recorrendo apenas a sistemas passivos (Fernandes et al. 2015). Segundo Fernandes et al. (2016) a arquitetura vernácula é um tipo de construção modelada pragmaticamente pela escassez de recursos, sendo também o paradigma de estreita relação com as condições específicas de cada local e por isso pode contribuir para os novos desafios que se colocam à arquitetura contemporânea, porque vernáculo não significa passado, mas sim o que é próprio dos sítios.

Neste artigo estuda-se um tipo de construção vernácula do litoral português, nomeadamente os palheiros em madeira do litoral e avaliará o seu desempenho térmico e as condições de conforto ao longo das várias estações do ano. A característica mais relevante destes edifícios é o uso da madeira como material primordial, um material natural, renovável e sequestrador de dióxido de carbono (Coelho 2012).

A madeira possui elevada resistência quando comparada com o seu peso, durabilidade excepcional em estruturas com boas práticas de construção, é um material facilmente trabalhável e um excelente isolante térmico, acústico e elétrico (Cachim 2014).

### **A construção vernácula portuguesa em madeira – os palheiros de Mira**

No contexto português, a construção vernácula em madeira surge associada a zonas ribeirinhas e costeiras, e a actividades económicas relacionadas com a pesca. A escassez de materiais mais comuns para a construção como a pedra e a terra (adobe, taipa, etc.), mas também a dificuldade que seria construir com estes em zonas de aluvião e areia, permitiu que madeira se afirmasse como o material mais adequado e viável nestes contextos. No entanto, esta preferência deve-se também ao custo de construção neste material ser inferior face à casa de pedra e cal (Oliveira & Galhano 1992). O caso dos palheiros da costa central portuguesa são disso um exemplo. A proximidade aos pinhais litorais conduziu a um tipo de construção integralmente em madeira. Este tipo de construção adequava-se ao tipo de solo e à humidade do ar (Associação dos Arquitectos Portugueses 1988). A leveza da construção em madeira permitia a elevação da casa por meio de estacas, deixando fluir por baixo da construção a areia arrastada pelo vento, evitando a sua acumulação nas empenas (Associação dos Arquitectos Portugueses 1988) (Cachim 2014) (Oliveira & Galhano 1992). A designação de “palheiro” não está relacionada com construções de apoio à atividade agrícola mas sim ao material que era aplicado nas coberturas, normalmente o estorno (gramínea que se encontrava em abundância nas areias do litoral) (Brito 1960).

O caso da Praia da Mira é particularmente interessante para o estudo em causa porque foi o local onde este tipo de construção teve a sua maior expressão, não só pela dimensão do aglomerado mas também pela dimensão de alguns edifícios que atingiam os três andares (Brito 1960). No entanto, também foi aqui que o declínio deste tipo de construção se revelou mais acentuado quando, no final da década de 40 do séc. XX, a aprovação do Plano de urbanização da Praia de Mira proibiu a construção e a conservação dos palheiros de madeira (Teixeira & Belém, 1998 e Brito (1960)).

Nos dias de hoje não restam mais que alguns exemplares deste tipo de construção em Praia de Mira, pelo que é relevante perceber se este tipo de construção poderia voltar a ter potencial neste contexto regional e climático. Assim, é relevante perceber o seu desempenho funcional, mais concretamente ao nível do desempenho térmico e energético. A construção em madeira apresenta algumas vantagens no contexto da sustentabilidade por ser um recurso renovável mas também porque possui um potencial de pré-fabricação, de manutenção peça-a-peça (Fernandes 2012) e pela portabilidade inerente às características deste tipo de construção (Moutinho 2007).

O estudo focado na adaptação ao contexto local, clima e disponibilidade de materiais de construção é essencial, sendo um erro pensar que existe apenas um modelo de arquitetura sustentável (Zardini et al. 2008), já que as condições locais fazem variar o tipo de respostas a essas condicionantes, como o demonstram os diversos exemplos de arquitetura vernácula das mais diversas regiões.

### **DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO**

O edifício em estudo situa-se em Praia de Mira, concelho de Mira, este último localizado na sub-região Baixo Mondego. A região é caracterizada por um clima mediterrâneo com influência atlântica do tipo Csb, clima temperado com verão seco e temperado, de acordo com a classificação climática de Köppen (IM & AEMET 2011). Nos climas tipo C a temperatura média do mês mais frio está compreendida entre 0 e 18°C, no subtipo Cs observa-se um período marcadamente seco no verão, e a letra b corresponde a um clima temperado (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22°C, e com quatro meses ou mais com temperatura média superior a 10°C) (IM & AEMET 2011).

O caso de estudo tem a função de Museu Etnográfico e Posto de Turismo de Praia de Mira (Figura 1a), encontrando-se localizado junto de duas massas de água (Figura 1b) — a Este pela “Barrinha de Mira” e a Oeste pelo Oceano Atlântico.



Figura 1. (a) Museu Etnográfico e Posto de Turismo de Praia de Mira e (b) Localização - Fonte: Pinto (2013)

O edifício, de construção palafítica, foi maioritariamente construído em madeira na década de 90 do séx. XX. No piso 0, encontram-se localizados o Posto de Turismo e várias salas de exposição. No piso 1, situam-se as salas temáticas referentes ao modo de habitar deste tipo de construções, utensílios, etc. (Figura 2). A fachada principal, que se vê na Figura 1 (a), está orientada a Oeste e, tal como as restantes fachadas, tem uma percentagem elevada de aberturas e áreas envidraçadas.



Figura 2. Localização dos sensores nas plantas do caso de estudo

Em relação à climatização, o edifício não possui qualquer sistema centralizado para aquecimento e arrefecimento. A utilização de equipamentos de aquecimento portáteis restringe-se à área da receção e apenas durante a estação de aquecimento.

A envolvente exterior do edifício consiste em: paredes exteriores com isolamento térmico (3cm de XPS) e caixa-de-ar (7 cm) revestida com madeira pelo interior (1.2 cm) e exterior (1.5 cm) (coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) = 0.81 W/m °C); laje de esteira em madeira (1.2 cm) com caixa-de-ar (20 cm) e revestimento XPS (3 cm) sob desvão ventilado ( $U$ =0.81 W/m °C); pavimento do rés-do-chão sobre o exterior com isolamento térmico (3 cm de XPS) e caixa-de-ar (22 cm) revestido com madeira (3 cm) pelo interior e exterior ( $U$ =0.61 W/m °C); portas de madeira ( $U$ =3 W/m °C) e janelas com caixilharia em madeira e vidro simples ( $U$ =4.3 W/m °C (Santos & Matias 2006)), com dispositivos de oclusão compostos por cortinas interiores de cor clara. A utilização de XPS como isolamento térmico é uma melhoria contemporânea do período de construção do edifício relativamente à forma original deste tipo de arquitetura vernácula.

## METODOLOGIA

Por forma a perceber o desempenho térmico do caso de estudo, e uma vez que as condições de conforto de um edifício dependem de vários parâmetros ambientais, da adaptabilidade e percepção humana, entre outros fatores, este estudo assentou na realização de medições objetivas e subjetivas *in-situ*.

Os parâmetros físicos quantificados foram: a temperatura do ar (°C) e a humidade relativa (RH%), no interior e exterior do edifício. O equipamento utilizado na monitorização dos espaços interiores possui uma precisão de  $\pm 1^\circ\text{C}$  de temperatura e de  $\pm 3\%$  de humidade relativa, entre os 35% e os 75% e, fora desse intervalo, de  $\pm 5\%$ . O equipamento de monitorização utilizado no exterior possui um alcance entre  $-40^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$  e precisão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  e de  $\pm 1,2\%$  a  $\pm 3\%$  no caso da humidade relativa. Para caracterizar as condições de conforto no interior, foi utilizada uma estação microclimática que mede simultaneamente vários parâmetros físicos que influenciam a sensação de conforto térmico (temperatura dos bolbos seco e húmido, temperatura do bolbo negro, humidade relativa e velocidade do ar). As medições foram conduzidas por períodos superiores a 25 dias em cada uma das estações do ano. As medições decorreram entre 8 de novembro de 2014 e 10 de janeiro de 2016.

As condições de conforto térmico, ou seja, a relação entre a temperatura interior e a temperatura exterior, foram avaliadas usando um modelo de conforto térmico adaptativo, uma vez que é o mais adequado para edifícios sem sistemas de arrefecimento em que a temperatura é regulada pela abertura de janelas e portas. Para ser mais representativo da realidade portuguesa, foi escolhido o modelo desenvolvido por Matias (2010), que é a adaptação para Portugal do modelo descrito na norma internacional ASHRAE 55 (2003).

As medições subjetivas foram realizadas através de inquéritos, que têm por intuito conhecer a sensação térmica dos ocupantes no momento das medições de conforto. O inquérito teve por base o Thermal Environment Survey da norma internacional ASHRAE 55 (2003), com as devidas adaptações ao contexto do estudo. Os inquéritos foram realizados na receção em simultâneo com as avaliações objetivas. Os ocupantes avaliaram as condições de conforto de acordo com a escala de sensação térmica e prestaram alguns esclarecimentos sobre as peças de vestuário que estavam a usar (clo) e a atividade que exerciam (met) no momento da medição.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Apesar da monitorização ter decorrido durante todas as estações do ano, neste artigo apenas serão apresentados e discutidos os resultados das estações mais rigorosas: inverno e verão.

### Inverno

O período de medição de inverno decorreu entre 21 de dezembro de 2014 a 19 de março de 2015.

No decorrer deste período de monitorização as temperaturas exteriores rondaram em média os  $10^\circ\text{C}$ , com amplitude térmica diária média de aproximadamente  $8^\circ\text{C}$ . Em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edifício não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos. A média das temperaturas interiores ronda os  $13^\circ\text{C}$  com uma amplitude térmica média a rondar os  $5^\circ\text{C}$ .

Os perfis de temperatura e humidade relativa do ar apresentados referem-se ao período de 21 de janeiro a 21 de fevereiro. Da análise do perfil de temperatura (Figura 3) dos vários compartimentos, verifica-se que a receção é o espaço que regista as temperaturas mais altas. Por ser o compartimento com maior taxa de ocupação está sujeita a alguma climatização por parte dos funcionários do museu. Em sentido oposto, a sala de jantar é o espaço que regista a temperatura média mais baixa. Além disso, este compartimento possui a maior amplitude média com o valor médio da temperatura mínima inferior às restantes divisões e o segundo valor médio mais alto de temperatura máxima, a seguir à receção. Estes dados podem ser explicados pela conjugação de três factores, a localização (noroeste), a área de pavimento muito superior às outras salas (o dobro da receção) e a maior área de envidraçados (quase o dobro dos outros compartimentos), estando a maioria destes orientados a norte. Os outros dois compartimentos (sala da escola e sala exposição do rés do chão) têm comportamentos semelhantes. Comparando a sala rés-do-chão com a sala escola, o piso 0 apresenta temperaturas ligeiramente inferiores ao piso 1. Da análise do perfil de temperatura constata-se que quando a temperatura no exterior diminui abruptamente a temperatura no interior desce, mas de uma forma mais gradual, e a amplitude térmica interior é inferior à amplitude térmica exterior.

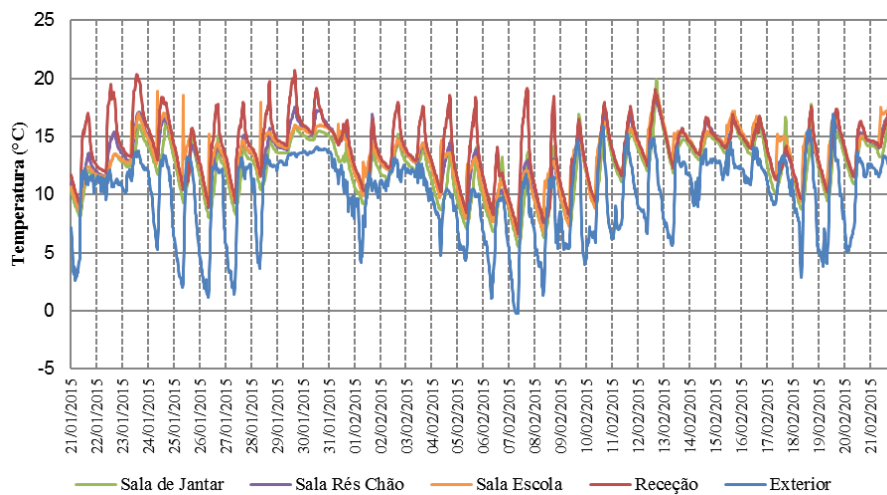


Figura 3. Perfil de temperatura do inverno (de 21 de janeiro a 21 de fevereiro)

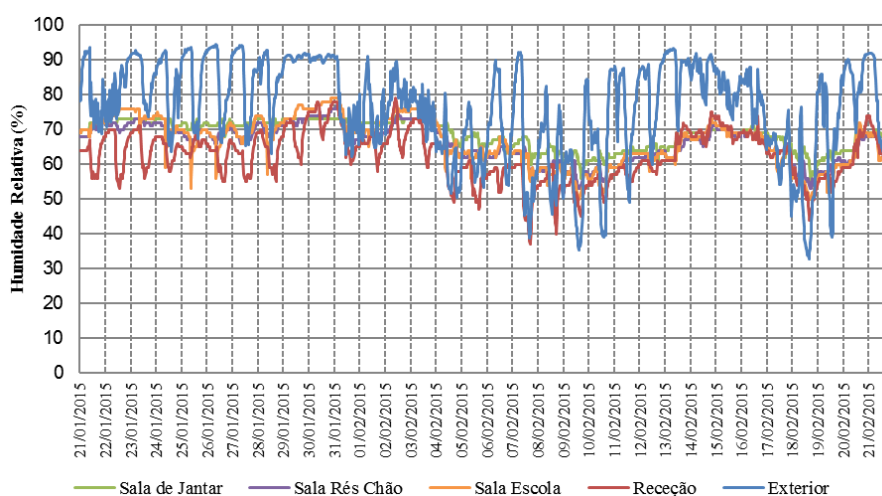


Figura 4- Perfil de humidade relativa do inverno (de 21 de janeiro a 21 de fevereiro)

Da análise do perfil de humidade relativa (Figura 4), verifica-se que a sala de jantar é o espaço que regista a percentagem média mais elevada enquanto que a receção regista a percentagem média mais baixa. Assim, como era expectável, nota-se que houve uma inversão em relação ao perfil de temperatura, pois a receção regista as temperaturas mais altas e a percentagem de humidade relativa mais baixa enquanto que na sala de jantar se verifica o oposto. No exterior, a amplitude (valor médio de 31.4%) e oscilação dos valores da humidade relativa é acentuada, enquanto que nos espaços monitorizados essa oscilação é atenuada, mantendo-se a percentagem de humidade relativa mais constante, com valores médios de amplitude abaixo dos 9%. A exceção é a receção (valor médio de 11%), que pelo facto de o edifício estar aberto ao público e é através dela que é feito o acesso ao exterior, a oscilação neste espaço é maior do que nos restantes, outro factor que influencia esta maior amplitude é a climatização (aquecimento) do espaço efetuada pelos funcionários do museu. A diferença entre a sala do rés-do-chão e a sala escola é mais acentuada do que relativamente à temperatura, apesar de a percentagem média dos espaços ser semelhante, a sala rés-do-chão é o espaço com menor amplitude diária (5%) e a sala escola é o espaço com a segunda maior amplitude (8.5%).

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada utilizando uma estação de conforto. De acordo com os inquéritos aos ocupantes, a actividade metabólica e o nível isolamento pelo vestuário para o inverno foram em média de 1.3 met e 1.2 clo, respetivamente.

Nas avaliações subjetivas realizadas em simultâneo, os dois inquiridos classificaram a sensação de conforto térmico como: neutro e muito frio. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições de conforto muito díspares, embora o sujeito que responde muito frio possui um motivo de ordem fisiológica (hipertiroidismo) que pode condicionar a sensação térmica.



Na Figura 5 está representado o gráfico que relaciona os limites de temperatura operativa interna da receção ( $\Theta_o$ ) em função da temperatura exterior média exponencialmente ponderada ( $\Theta_{rm}$ ). No medição do período de inverno foi considerada a utilização de aquecimento na receção, uma vez que os funcionários do museu utilizam aquecedores elétricos nos períodos mais frios.

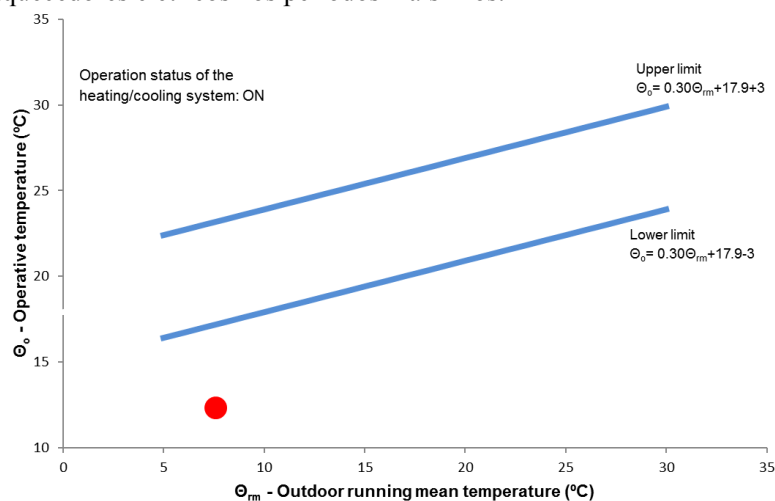


Figura 5. Temperatura de conforto térmico (temperatura operativa) na receção durante a monitorização de inverno (gráfico adaptado de Matias 2010)

A temperatura média operativa da receção foi de 12.3°C e a temperatura exterior média exponencialmente ponderada, dos sete dias anteriores, foi de 7.6°C. Através da relação entre estas duas grandezas obtém-se a sensação térmica deste compartimento. Na análise do gráfico (Figura 5) verifica-se que a sensação térmica se situa abaixo do limite inferior de temperaturas que definem a zona de conforto. Assim, de acordo com o modelo de conforto adaptativo, a receção apresenta um ambiente térmico desconfortável. Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro ou muito frio pode-se dizer que esta avaliação se aproxima do lado mais negativo das avaliações subjetivas. Esta discrepância nas avaliações objetivas pode dever-se ao facto do sujeito que respondeu muito frio sofrer de um motivo de ordem fisiológica que pode condicionar a sua sensação de conforto térmico, como referido anteriormente, e/ou o sujeito que respondeu neutro podia estar mais próximo de uma fonte de calor ou estar mais agasalhado.

## Verão

O período de medição do verão decorreu entre 21 junho a 22 setembro de 2015 e neste artigo serão apresentados os perfis de temperatura e humidade relativa para o mês de agosto.

No decorrer deste período de monitorização verifica-se que as temperaturas exteriores rondaram em média os 19°C, com amplitude térmica diária média de aproximadamente 7°C. Tal como no inverno, em termos gerais, as temperaturas registadas no interior do edificio não apresentam grande diferença entre pisos/compartimentos. A média das temperaturas interiores ronda os 22°C com uma amplitude térmica média a rondar os 4°C.

Da análise do perfil de temperatura (Figura 6) dos vários compartimentos, verifica-se que a sala escola é o espaço que regista a temperatura média mais elevada. A sala escola e a sala do rés-do-chão, localizadas na zona sudeste do edificio (sala escola no 1º piso), registam amplitudes térmicas inferiores aos restantes espaços: receção e sala de jantar, sendo que o piso 1 regista temperaturas ligeiramente superiores. No lado oposto, a receção é espaço que regista a temperatura média mais baixa, mas com registos semelhantes à sala de jantar, os dois espaços apresentam a maior amplitude média e os valores médios da temperatura máxima e mínima mais elevados. Têm em comum uma fachada orientada a oeste, a sala de jantar tem maior área útil e de envidraçados, mas durante o período estival a receção mantém um contacto com o exterior mais directo através da abertura permanente da porta principal durante o horário de funcionamento.

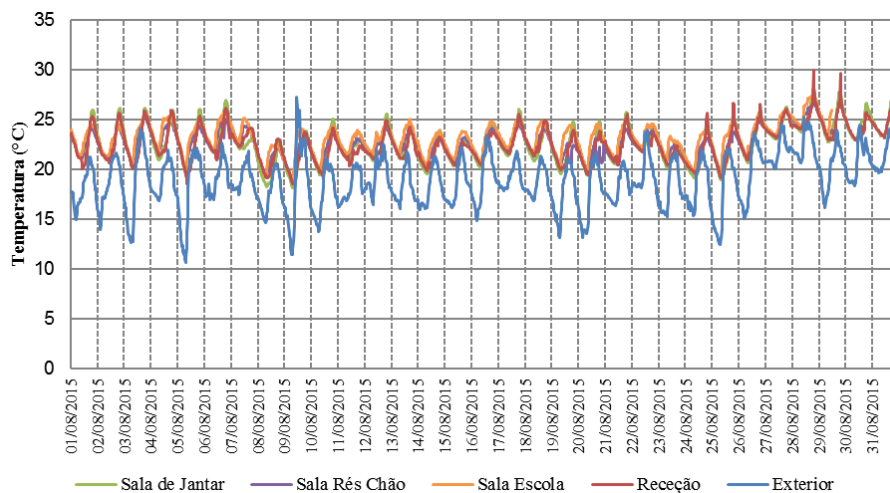


Figura 6. Perfil de temperatura verão (mês de agosto)

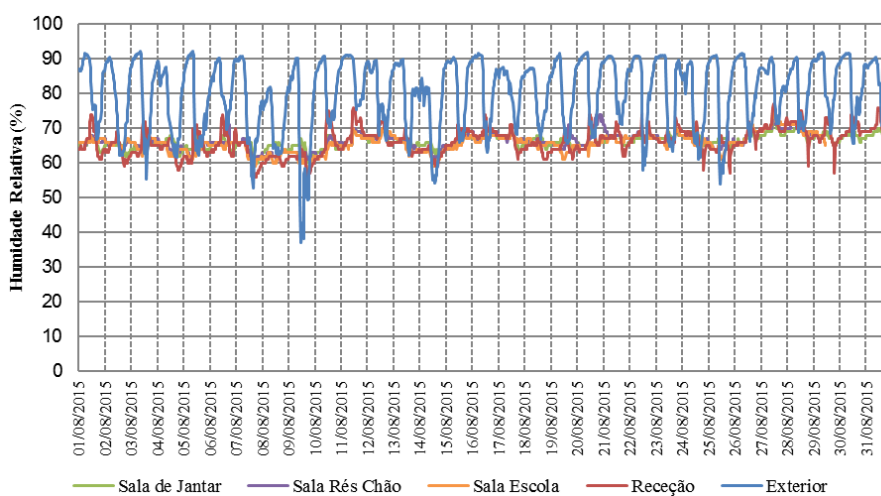


Figura 7. Perfil de humidade relativa verão (mês de agosto)

Da análise do perfil de humidade relativa (Figura 7), dos vários compartimentos, ao contrário do inverno, a sala rés-do-chão é o espaço que regista a média mais alta de percentagem de humidade relativa, mas também é o espaço com menor amplitude média de percentagem de humidade relativa. Em oposição, o espaço que regista percentagem média mais baixa de humidade relativa é a sala escola. Os valores médios de percentagem de humidade relativa são muito contantes entre compartimentos, a diferença entre o maior e o menor valores registados é de 0.5%. Verifica-se novamente uma grande oscilação dos valores de humidade relativa no exterior, apesar da amplitude continuar elevada (valor médio da amplitude de 25.3%), mas menor em relação ao inverno. No interior, a percentagem de humidade relativa mantém-se mais constante quando comparada com o exterior (valores médios por volta dos 4%), com exceção de alguns picos registados na receção (valor médio de 10%).

A avaliação objetiva das condições de conforto térmico foi realizada através da estação de conforto. De acordo com os inquéritos aos ocupantes, a actividade metabólica e o nível isolamento pelo vestuário para o verão foram em média de 1.2 met e 0.5 clo, respetivamente.

Nas avaliações subjetivas, realizadas em simultâneo, os dois ocupantes classificaram a sensação de conforto térmico como neutro. Deste modo, as avaliações prestadas pelos ocupantes expressam condições aceitáveis de conforto.

Na realização da avaliação objetiva da receção, o cálculo da temperatura operativa média e da temperatura exterior média exponencialmente ponderada foi de 24.4°C e 19.2°C, respetivamente. O gráfico apresentado na Figura 8 representa a relação entre as duas grandezas mencionadas e a temperatura de conforto do compartimento resultante para a situação de operação sem sistemas mecânicos de climatização.

Na análise do gráfico (Figura 8) verifica-se que a sensação térmica se situa dentro dos limites de temperaturas que definem a zona de conforto. Assim, de acordo com o modelo de conforto adaptativo, a receção apresenta um ambiente térmico confortável. Uma vez que os ocupantes classificaram o nível de conforto como neutro verifica-se que a avaliação objetiva e subjetiva convergem para o mesmo resultado.

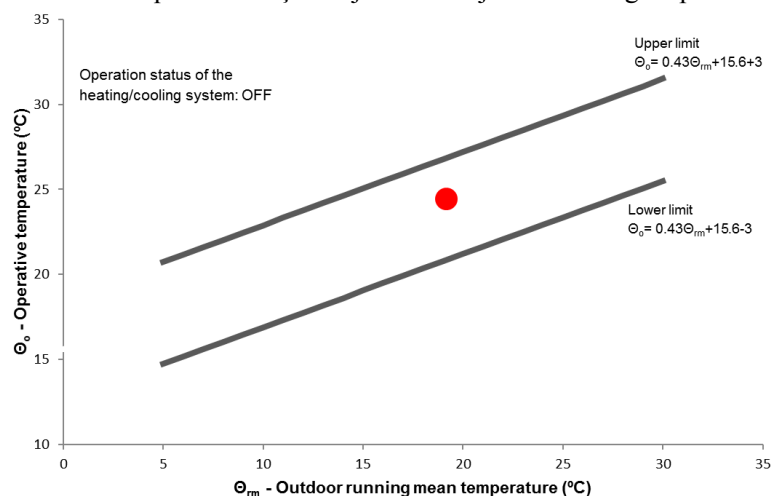


Figura 8. Temperatura de conforto térmico (temperatura operativa) na receção durante a monitorização de verão (gráfico adaptado de Matias 2010)

## CONCLUSÃO

Dos resultados obtidos a partir das avaliações objetivas e subjetivas, pode concluir-se que foi possível atingir as condições de conforto térmico interior no verão no caso de estudo localizado na Praia de Mira. O inverno foi o período que mais se afastou das condições ideais, quer nas avaliações objetivas quer nas subjetivas. As condições de conforto térmico interior não foram atingidas, a falta de um sistema centralizado de climatização, a fraca inércia térmica do edifício e o facto de se tratar de um espaço aberto ao público, em que a porta para o exterior abre com regularidade aumentando as trocas de calor por convecção, podem ajudar a explicar esta situação. Apesar disso, algumas observações subjetivas neste período correspondem a situações aceitáveis de conforto.

Comparando os resultados obtidos nas duas estações, sobressai o facto de a receção ser o espaço mais quente no inverno e o mais fresco no verão. Como é o espaço com maior taxa de ocupação, percebe-se que a influência dos ocupantes se faz notar. No que concerne à humidade relativa, tanto no verão como no inverno, a sala de jantar é o espaço com a percentagem mais elevada e a receção o espaço com a percentagem mais baixa. Em relação à humidade, a localização e a ventilação revelam-se fundamentais, a sala de jantar localizada na zona noroeste do edifício é a mais húmida, e a receção na zona sudoeste do edifício e com maior taxa de ventilação é a menos húmida.

Através da análise dos resultados, verifica-se que a mais-valia deste tipo de construção é a capacidade que o edifício apresenta como regulador da humidade relativa. Esta vantagem está relacionada com as propriedades da madeira que, como material higroscópico, absorve ou liberta água de forma a encontrar um ponto de equilíbrio com o meio ambiente. Mesmo no período do inverno, e considerando que o local de implantação do edifício é um local com valores de humidade relativa elevados, o interior do edifício mantém uma percentagem de humidade relativa menor e mais constante que no exterior. Assim, em relação à humidade, as propriedades da madeira revelam-se como fator essencial para o conforto dos utilizadores.

Os palheiros da Praia de Mira são exemplo da interação entre construção e lugar, mas é também preciso compreender que tiveram na sua origem condicionantes que fazem parte do passado, e por isso não faz sentido imitar esta arquitetura, mas sim interpreta-la e se possível atualizá-la de forma sustentável e coerente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio concedido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito do projeto com a referência EXPL/ECM-COM/1801/2013, e no âmbito do programa

doutoral EcoCoRe (Eco-Construction and Rehabilitation), que apoia a bolsa de doutoramento com a referência PD/BD/113641/2015, e que foi fundamental para o desenvolvimento deste estudo. Os autores gostariam ainda de agradecer à equipa do Museu Etnográfico e Posto de Turismo da Praia de Mira e à Câmara Municipal de Mira pelo seu apoio e ajuda a este trabalho de investigação.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAE 55, 2003. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Associação dos Arquitectos Portugueses, 1988. *Arquitetura Popular em Portugal* 3ª ed. A. da M. Antunes & J. Norberto, eds., Lisboa.
- Berge, B., 2000. *The Ecology of Building Materials* A. Press, ed., Oxford.
- Brito, R.S. de, 1960. *Palheiros de Mira - Formação e Declínio de um Aglomerado de Pescadores*, Lisboa: Instituto de Alta Cultura/Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.
- Cachim, P.B., 2014. *Construção em Madeira - A Madeira como Material de Construção* 2ª Edição., Porto: Publindústria.
- Cardinale, N., Rospi, G. & Stefanizzi, P., 2013. Energy and microclimatic performance of Mediterranean vernacular buildings: The Sassi district of Matera and the Trulli district of Alberobello. *Building and Environment*, 59(January), pp.590–598.
- Coelho, A.C.F., 2012. *A Sustentabilidade do Uso da Madeira na Construção*. Universidade do Minho.
- DGEG, 2015. *Energia em Portugal 2015*,
- Dili, A.S., Naseer, M.A. & Zacharia Varghese, T., 2010. Passive control methods for a comfortable indoor environment: Comparative investigation of traditional and modern architecture of Kerala in summer. *Energy and Buildings*, 43(2–3), pp.653–664.
- European Commission, 2016. Urban Europe: Statistics on Cities, Towns and Suburbs. , (April 2016), p.282.
- Fernandes, J. et al., 2015. Contribution of Portuguese Vernacular Building Strategies to Indoor Thermal Comfort and Occupants' Perception. *Buildings*, 5(4), pp.1242–1264.
- Fernandes, J., 2012. *O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios*. Universidade do Minho.
- Fernandes, J., Mateus, R. & Bragança, E.L., 2016. Arquitectura Vernácula Portuguesa: Lições De Sustentabilidade Para a Arquitectura Contemporânea. , pp.773–789.
- IM & AEMET, 2011. *Atlas Climático Ibérico: Temperatura do Ar e Precipitação (1971-2000)*,
- Kimura, K. ichi, 1994. Vernacular technologies applied to modern architecture. *Renewable Energy*, 5(5–8), pp.900–907.
- Martín, S., Mazarrón, F.R. & Cañas, I., 2010. Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia. *Construction and Building Materials*, 24(5), pp.666–676.
- Matias, L., 2010. *TP165 - Desenvolvimento de um Modelo Adaptativo Para a Definição das Condições de Conforto Térmico em Portugal*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Moutinho, D.F.O., 2007. *Edifícios de construção tradicional em madeira*. FAUP.
- Oliveira, E.V. de & Galhano, F., 1992. *Arquitetura Tradicional Portuguesa*, Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Pinto, D.F., 2013. Praia de Mira. *A Terceira Dimensão - Fotografia Aérea*. Available at: [http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/search/label/Praia de Mira](http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/search/label/Praia%20de%20Mira) [Acedido Novembro 3, 2017].
- Santos, C.A.P. dos & Matias, L., 2006. ITE 50. , p.172.
- Sassi, P., 2006. *Strategies for Sustainable Architecture*, Taylor & Francis.
- Sayigh, A. & Marafia, A.H., 1998. Chapter 2—Vernacular and contemporary buildings in Qatar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1–2), pp.25–37.
- Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2010. Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India. *Building and Environment*, 45(2), pp.320–329.
- União Europeia, 2012. *Diretiva 2012/27/UE*, Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2012.
- Zardini, M. et al., 2008. ( Against ) the Greenwashing of Architecture. Em R. Ghosn, ed. *New Geographies 02: Landscapes of Energy*. Cambridge: Harvard University Press, pp. 139–147.